



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Leevi Luhtala

OHJAUSKAAPPIEN SÄHKÖTEKNISEN SUUNNITTELUN MODULARISOINTI

Tekniikka
2020

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Leevi Luhtala
Opinnäytetyön nimi	Ohjauskaappien sähkötekniisen suunnittelun modularisointi
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	59
Ohjaaja	Tapani Esala

Työn toimeksiantaja oli ABB Oy, Distribution Solutions, joka toimittaa keskijännitekojeistojen ohjauskaappeja eräälle sen asiakkaalle. Ohjauskaapit räätälöidään asiakkaan toivomusten mukaan jokaisen tilauksen yhteydessä, mikä on kuormittavaa suunnitteluosastolle.

Työn lopputavoite oli helpottaa sähkösuunnittelua luomalla sähkösuunnitelman standardipohja ja moduuleita käyttämällä sähkösuunnitteluohjelman, EPLANin, makrotoimintoa. Valmiit moduulit luotiin tulevaisuuden suunnittelutehtäviä varten ja niiden avulla voidaan koota sähkösuunnitelma standardipohjalle asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Näiden moduulien sisältö pystyttiin ennakoimaan asiakkaan aikaisempien tilauksien avulla sekä heidän suoralla ohjeistuksellansa. Suunnitteluohjelman integroidusta ohjekirjasta löytyi paljon neuvoja liittyen työssä käytettyihin ohjelman toimintoihin.

Suunnitteluohjelman moduulit sekä standardipohja saatiin luotua, joten työn tavoitteisiin päästiin. Huomattiin, että haastavin osuus modularisoinnissa on moduulien ylläpito, sillä ne täytyy päivittää ajan tasalle manuaalisesti käyttäjän toimesta, mikäli jokin niiden osa täytyy muuttaa. Moduulit nopeuttavat suunnittelutyötä, tosin niitä pystytään käyttämään pääsääntöisesti vain tämän kyseisen asiakkaan tulevaisuuden tilauksiin.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikka

ABSTRACT

Author	Leevi Luhtala
Title	The Modularization of Control Cabinet Electrical Planning
Year	2020
Language	Finnish
Pages	59
Name of Supervisor	Tapani Esala

The commissioning company for this project was ABB Oy, Distribution Solutions which delivers medium voltage switchgears' control cabinets for one of its customers. The control cabinets are tailored according to the customer's specifications based on each separate order which can be cumbersome for the engineering department.

The objective for this project was to ease the electrical planning process by creating a standardized base project and modules using EPLAN's, the electrical planning software's, macro function. The modules were created for future electrical planning tasks and could be used to create an electrical plan to the standardized base project according to the customer's specifications. The contents of these modules could be predicted with the customer's previous orders as well as direct instructions from them. The software's integrated manual withheld a considerable amount of advice concerning the software functions used in this project.

The modules of the planning software were created including the standardized base project and thus the goals of the project were met. It was noticed that the most challenging portion of modularization project was the management of the existing modules. These had to be updated manually by the user incase a part of them had to be altered. The modules speed up the planning process, although they can be utilized mainly in this specific customer's future orders.

Keywords	control cabinet, EPLAN, macro, module
----------	---------------------------------------

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	ABB OY, DISTRIBUTION SOLUTIONS	10
2.1	Distribution Automation	10
2.2	Grid Automation Solutions	10
3	KESKIJÄNNITEVERKKO	11
4	VERKOSTOAUTOMAATIO	13
5	OHJAUSKAAPPI KESKIJÄNNITEVERKOSSA	15
5.1	Pääkäyttökohteet	15
5.2	Toiminta	17
5.3	Pääkomponentit	20
5.3.1	Suojareleet	20
5.3.2	I/O-laajennuslaite	21
5.3.3	Yhdyskäytävälaitteet	23
5.3.4	Langaton ohjauslaite	27
6	SUUNNITTELUTYÖN TEHOSTAMISPROJEKTI	30
6.1	EPLAN-ohjelmisto	31
6.2	Modularisointi makrojen avulla	32
6.3	Standardipohja	43
7	YHTEENVETO	56
	LÄHTEET	57

KUVALUETTELO

Kuva 1. 20kV:n avojohto. /9/	12
Kuva 2. Keskijänniteverkon automatisaation eri tasot. /10/.....	13
Kuva 3. Ohjauskaappi puistomuuntamossa. /12/	15
Kuva 4. Pylväskiinnitteinen ohjauskaappi yhdistetty avojohtojen katkaisijaan. /11/	16
Kuva 5. ABB:n GAI-ohjauskaappiratkaisuja kaapeliverkkoihin. 01) GAI1 seinäasennuksella. 02) GAI3 seinäasennuksella. 03) GAI3 seinäasennuksella. 04) GAI4 RMU:n päälle asennettavaksi. /11/	18
Kuva 6. ABB:n GAO-ohjauskaappiratkaisuja avojohtoverkkoihin. Vasemmalta oikealle: GAO2, GAO3 ja GAO4. Kaikki kaapit ovat pylvääseen asennettavia. /11/	18
Kuva 7. GA-ohjauskaappien funktiot tyypeittäin. /11/	20
Kuva 8. REC615 ja RER615. /16/.....	21
Kuva 9. RIO600-moduuleita. /17/.....	23
Kuva 10. RTU540:n kaksi varianttia, 540CID01 ja 540CMD01. Jälkimmäiseen varianttiin integroidut I/O:t eivät kuulu mukaan. /18/	24
Kuva 11. Applikaatioesimerkki RTU540:stä. /19/	24
Kuva 12. RTU520-laajennusmoduuleita. /20/.....	25
Kuva 13. ARG600. /21/.....	26
Kuva 14. ARG600 kenttälaitteen ja valvomon välisessä kommunikaatiojärjestelmässä. /21/	27
Kuva 15. ARC600 -ohjauslaite. /22/	28
Kuva 16. ARC600 RMU:n ja valvomon välisessä kommunikaatiojärjestelmässä. /22/	29
Kuva 17. Erään signaalipakan placeholder-objektin sisältö.....	33
Kuva 18. Placeholder-objektille määriteltyt arvojoukot.	34
Kuva 19. Window-makron varianttiluettelo. Varianttia muuttamalla saadaan tuotua eri grafiikka.	34
Kuva 20. Komento window-makron luomiselle.	35
Kuva 21. Window-makron tallentaminen. Tässä dialogissa voidaan määrittää tallennetun makron variantti.	36

Kuva 22. Komento window-makron tuomiselle kuvaan.....	37
Kuva 23. Valikko tallennetuista window-makroista.	37
Kuva 24. Window-makroa tuodessa aukeaa arvojoukkodialogi, mikäli makro sisältää placeholder-objektin, jolle on määritelty arvojoukkoja.	38
Kuva 25. Arvojoukon voi valita alasvetovalikosta. Ominaisuuksien arvot muuttuvat valitun arvojoukon mukaan.	38
Kuva 26. Esimerkki valmiista window-makrosta. Kyseiseen esimerkkiin on joitakin arvoja muutettu projektin salassapidon vuoksi.	39
Kuva 27. Esimerkki valmiista page-makrosta. Kyseiseen esimerkkiin on joitakin arvoja muutettu tai jätetty pois projektin salassapidon vuoksi.....	40
Kuva 28. Page-makron tallennuskomento.....	40
Kuva 29. Page-makron tallennusdialogi. Huomataan, että page-makroille ei voida määrätä variantteja.	41
Kuva 30. Komento page-makron tuomiselle projektiin.	42
Kuva 31. Suojareleen lähtö- ja tulosivujen page-makrojen tiedostot.....	42
Kuva 32. Standardipohjan sivuluettelo EPLAN-näkymässä.....	44
Kuva 33. Projektin ominaisuuksien muokkaamiskomento.	45
Kuva 34. Esimerkki eräistä projektin ominaisuuksista. Otsikkotauluun pystyy valitsemaan projektin näkyvät ominaisuudet.	45
Kuva 35. Kiskokaavion kisko tuodaan aluksi otsikkosivulle. Makrosta on eri variantteja erikokoisille kojeistokonfiguraatioille olemassa.....	46
Kuva 36. Kiskokaavion kentät täytetään niitä varten tehdyillä window-makroilla. Makrot sisältävät placeholder-objektin, jolla kentät voidaan nimetä niiden mukaisesti.....	47
Kuva 37. Otsikkosivu sisältää laatikon kojeistokonfiguraation yläpuolella, jossa suunnittelija ilmoittaa sen lajimerkin. Kyseinen teksti on poistettu tästä kuvasta salassapidon vuoksi.....	47
Kuva 38. Standardipohjan sisällysluettelo.	48
Kuva 39. Esimerkki ylimääräisistä 24VDC:n syötöistä. Vaikka kyseisiä syöttöjä ei käytetä, ovat ne silti osa standardipohjaa.	49
Kuva 40. Vakiosignaaleja ja tyhjiä tuloja RTU540:n tuloilla.	50
Kuva 41. Esimerkki ohjauskaapin mittaussivusta.	51

Kuva 42. Ohjauskaapin kommunikaatiosivu. Kommunikaatioprotokollat ja -kaapelit sekä useat laite- ja positiotunnukset on poistettu kuvasta salassapidon vuoksi.	51
Kuva 43. Kokoonpanokuva kaapin ulkopuolelta.	52
Kuva 44. Asennuslevyn kokoonpanokuva. Näkyvät riviliittimet, johdonsuojakatkaisijat ja syöttöpiireihin kuuluvat laitteet ovat ohjauskaapeissa vakioita ja löytyvät näin standardipohjalta valmiina. Eräät laitteet on peitetty salassapidon vuoksi.	52
Kuva 45. Leike ohjauskaapin osaluettelosta.	53
Kuva 46. EPLANin raportin ajamistoiminto.	53
Kuva 47. Valitaan mikä raporttityyppi projektin piirikaaviosta halutaan ajaa.	54
Kuva 48. Ohjelma luo automaattisen riviliitinraporttiluettelon piirikaaviosta perustuen käytettyyn raporttipohjaan.	54
Kuva 49. Esimerkki riviliitinriman X1 riviliitinraportista. Raportissa näkyy johdintyypit, oikosulkuliittimet ja johtimien osoitteet.	55

LYHENNELUETTELO**RMU Ring Main Unit,**

Valmiiksi koottu kojeistokokonaisuus ilma- tai SF6-eristyksellä, tyyppillisesti käytetty muuntamoissa.

SAIDI System Average Interruption Duration Index,

Sähkönjakelun keskeytyksien keskimääräistä kestoja kuvaava indeksi yhtä asiakasta kohden.

SAIFI System Average Interruption Frequency Index,

Sähkönjakelun keskeytyksien keskimääräistä lukua kuvaava indeksi.

IED Intelligent Electronic Device,

Mikroprosessoripohjainen sähköjärjestelmän laite.

HMI Human-Machine Interface,

Ihmisen ja laitteen välinen käyttöliittymä.

1 JOHDANTO

Sähkönjakeluverkkojen sähkön laadun sekä tehokkuuden tarve lisääntyy koko ajan. Näiden vaatimusten tavoittamiseksi tarvitaan kohdeverkkoon automaatiota, esimerkiksi integroimalla siihen ohjauskaappeja valvonta- ja ohjausfunktioita varten /1/.

Opinnäytetyön toimeksiantajalla on asiakas, jolle se suunnittelee keskijännitekojeistojen ohjauskaappeja. Jokainen tilaus sisältää asiakkaan määräämät spesifikaatiot kutakin ohjauskaappia kohden. Spesifikaatiossa kerrotaan esimerkiksi kojeiston kenttämäärä ja halutut suojausasteet sekä niiden asennus. Koska tilatut kaapit on räätälöitävä yksittäisen tilauksen mukaan, saattaa tämä olla kuormittavaa suunnitteluosastolle.

Työn tarkoituksena on helpottaa tätä suunnittelutyötä tekemällä suunnitteluohjelmaan valmis pohja uusia projekteja varten sekä valmiita moduuleita EPLANin makrofunktiolla. Moduulit koostuvat tällä suunnitteluohjelman funktiolla tehdyistä sähkösuunnitelman osista, joita sijoitellaan työssä tehdylle standardipohjalle asiakkaan vaatimusten mukaisesti.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi ABB Oy:n yksikkö Distribution Solutions. ABB on ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni, joka erikoistuu automaatio- ja sähkövoimatekniikkaan. Yhtiö syntyi, kun Allmänna Svenska Elektriska AB ja Brown, Boveri & Cie. yhdistyivät vuonna 1988. ABB:llä on työntekijöitä noin 147 000 yli 100 maassa ja sen pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. Yhtiön liikevaihto vuonna 2018 oli noin 25,5 miljardia euroa /2/.

ABB:llä Suomessa on noin 5 400 työntekijää noin 20 paikkakunnalla ja on yksi suurimpia teollisia työnantajia Suomessa. Suuret tehdaskeskittymät löytyvät Helsingistä, Vaasasta, Porvoosta ja Haminasta. Suomen liikevaihto vuonna 2017 oli noin 2,3 miljardia euroa /3, 4/.

2 ABB OY, DISTRIBUTION SOLUTIONS

Distribution Solutions -yksikkö on osa Suomen ABB:tä. Yksikkö koostuu Distribution Automation- ja Electrification Service -yksiköistä ja se sijaitsee Vaasan Strömberg Parkissa. Yksikkö erikoistuu sähköjakeluverkkoihin, jotka on tarkoitettu sähköyhtiöille, teollisuudelle ja muille kaupallisille asiakkaille ja niiden tarpeisiin. Se kehittää, valmistaa, myy ja markkinoi erilaisia ratkaisuja liittyen verkostoautomaatioon. Yksikön päätuotteita ovat muuntamoratkaisut, kojeistot ja jakeluautomaatiotuotteet. Palvelut keskijännitekojeistoihin ja suojaraleisiin, esimerkiksi niiden asennus ja käyttöönotto sekä kunnossapito, ovat myös osana yksikön tarjontaa /5/.

2.1 Distribution Automation

Distribution Automation tarjoaa suuren valikoiman suojaraleitä, kommunikatiolaitteita, työkaluja sekä ohjelmistoja liittyen jakeluverkon suojaukseen ja ohjaukseen. Sen tarjoamat suojaraleet ovat monikäyttöisiä tai erikoistuvat johonkin omaan tarkoitukseen, esimerkiksi differentiaalisuojaukseen. Koska maailmalla on jo yli miljoona ABB:n suojaralettä, tarjoaa yksikkö myös releiden käytön tukeen ja huoltoon liittyviä palveluita /6/.

2.2 Grid Automation Solutions

Grid Automation Solutions on osa Distribution Automation -yksikköä. Se tarjoaa erilaisia ratkaisuja sähköjakeluverkon automatisointiin. Näihin kuuluvat jakelumuuntamoratkaisut, kojeistoratkaisut ja ohjauskaapit muuntamokäyttöön sekä sähköverkon kojeiden käyttöön. Ratkaisut ovat saatavilla sekä taajamien että maaseutujen verkkoihin ja niiden sekoituksiin. Niillä voidaan automatisoida täysin uusia tai jo olemassa olevia kohteita /1/.

3 KESKIJÄNNITEVERKKO

Keskijänniteverkko on Suomessa useimmiten 20 kV, joissakin kaupungeissa se saattaa olla myös 10 kV. Se on maasta erotettu tai sammutettu kuristimen kautta. Kentät, eli muuntamolle tulevat keskijännitejohdot, suojataan katkaisijoilla ja ylivirta-, maasulku- ja jälleenkytkentäreleillä. Ylivirtareleitä ei käytetä niiden tyyppiliseen tarkoitukseen kuormitusvirran rajoittajana, sen sijaan ne toimivat oikosulkusuojana. Vaikka keskijänniteverkko on yleensä rakennettu silmukoiksi, se on käytössä myös säteittäisenä.

Keskijänniteverkko on suuri tekijä verkon käyttövarmuuteen. Yli 90 % sähkönkäyttäjien katkoksista on peräisin keskijänniteverkon vikatilanteista. Normaalin syötön lisäksi, keskijänniteverkolla on rooli varasyötössä, mikäli 110 kV:n johtoihin tai sähköasemille tulee merkittävä vika. Siksi varasyöttömahdollisuudet tulee analysoida huolella verkkoa suunniteltaessa. Keskijänniteverkon kehittäminen on tehtävä asteittain vuosi vuodelta, sen sijaan, että se rakennettaisiin valmiiksi kerralla tai yksittäisiä paikallisia toimenpiteitä tehtäisiin.

Harvaanasutuilla alueilla, kuten maaseuduilla, keskijännitelinjat rakennetaan tyypillisesti avojohdoilla (**Kuva 1**). Näillä alueilla ei yleensä ole tarvetta tai mahdollisuuksia varayhteystarkasteluille. Kuormitusasteet ja jännitteenalenemat tarkastetaan kenttäkohtaisesti ja johdot rakennetaan paikkoihin, joissa kuormitus on.

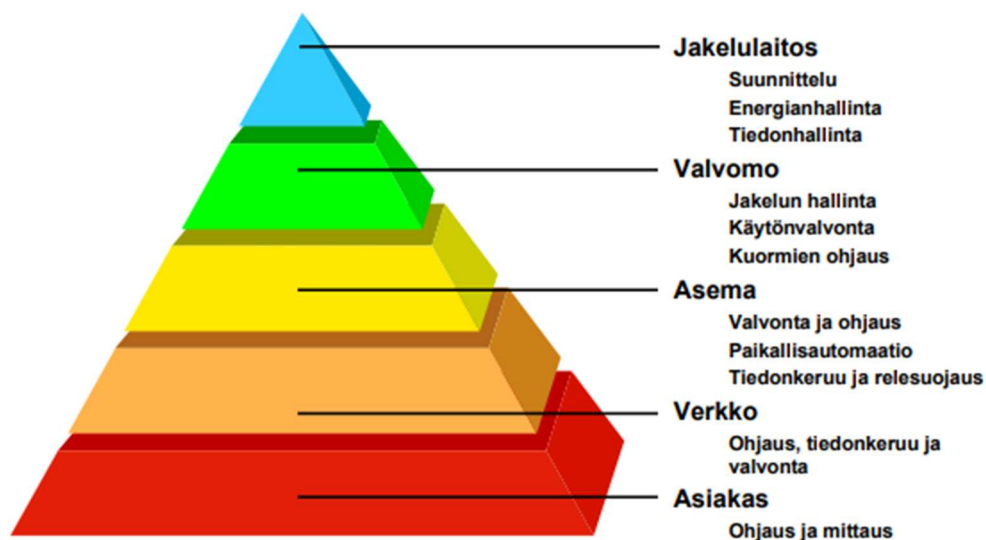
Taajamissa verkkotopologia ja verkon suunnitteluohjelmistot ovat tärkeitä. Kaupunkien maakaapeleille tulee pohtia verkon muoto, kuormitusasteet ja sähköasemien korvattavuus. Kuormitusta taajamista löytyy yleensä tasaisesti kaikilta sen alueilta, joten tämä avaa mahdollisuuden monille eri sähkönjakeluperiaatteille /8/.



Kuva 1. 20kV:n avojohto. /9/

4 VERKOSTOAUTOMAATIO

Verkostoautomaatiolla tai jakeluautomaatiolla viitataan yleisesti jakeluverkostojen hallintaan, käyttöön sekä valvontaan. Verkostoautomaation käyttöalueisiin kuuluvat sähkö- ja lämpöverkot sekä vesi- ja kaasuverkot. Kyseisten verkkojen automaatio toteutetaan erilaisilla ohjauksilla, mittauksilla, tilatiedoilla ja hälytyksillä. Automaatioilla on perustoimintojen lisäksi perusvaatimukset, jotka ovat samat edellä mainituissa verkoissa. Keskijänniteverkon ylipäättäinen automatisointi tunnetaan Distribution Automation -konseptina. Tällaisessa verkossa verkkoa pystytään ohjaamaan sekä hallitsemaan siihen asennetuilla komponenteilla ja järjestelmillä, parantaen verkon luotettavuutta ja auttaen optimoimaan sen jakelua. Automatisoitu verkko voidaan jakaa eri tasoille, jotka vastaavat kaikkia sen eri käyttötarpeita.



Kuva 2. Keskijänniteverkon automatisaation eri tasot. /10/

Verkostoautomaation implementointi jakeluverkkoon tekee kustannussäästöjä jo laitosten rakennusvaiheissa. Ylimääräistä valvomolaitteistoa ei tarvitse hankkia, jos kuormien hallintajärjestelmä (LMS, Load Management System) ja käytönvalvontajärjestelmä integroidaan. Uuden teknologian käyttäminen sähköaseman tai

muuntamon rakennusvaiheessa säästää kuluja sen rakentamisessa, johdottamisessa ja käyttöönotossa. Jos sähkölaitoksen lähiverkko muuttuu, esimerkiksi kuormitus-tilanteen muutoksella tai kantaverkon muokkauksella, voidaan säästöjä tehdä yksinkertaisella suojauksen muutoksella. Sen sijaan, että sähköaseman lähtöön asennetaan vahvempi johdin, voidaan samaan lähtöön implementoida relesuojaus. Lisäksi, kun kohdeverkossa on käytössä mikroprosessilla toimiva suojarile, kojeiden laukaisuaajat ovat lyhyemmät ja laukaisuportaat pienemmät. Näin johtimien termien kuormitus vähenee ja oikosulkukestoisuus paranee, verkostovauriot pienenevät, vähenee johtimien poikkipintojen suurentamistarpeet muuntajien vaihtojen yhteydessä sekä vähenee muuntajien vikojen tiheys.

Häiriötilanteet voidaan selvittää verkstoautomaation avulla nopeasti. Automaatio auttaa häiriön tunnistamisessa ja rajaamisessa. Tieto häiriöstä saadaan verkon mittaus- ja suojaustoimintojen välittämällä informaatiolla. Myös kuluttajat voivat antaa tietoa liittyen häiriötilanteeseen. Kun yhdistetty tieto verrataan olemassa oleviin tietokantoihin, saadaan yleensä piirrettyä todennäköinen häiriön sijainti ja laajuus.

Keskijänniteverkon käyttöä voidaan myös helpottaa. Verkko pystytään erottamaan kaukokäytöllä, joka tekee verkon muutos-, huolto- tai korjaustöistä sekä vikatilanteiden selvittämisestä helpompaa. Myös sähköasemia voidaan ohjata. Sen katkaisijoita, erottimia ja muuntajien käämikytkimiä voidaan ajaa kaukokäytöllä ja sen kiskosta sekä johtolähdöistä saadaan erilaiset mittaukset. Automaatio mahdollistaa myös kohdeverkon optimoinnin. Sillä voidaan esimerkiksi säätää kuluttajan pään jännitetasoa, kompensoida loistehoa ja optimoida verkon käyttötilanne.

Automaatiolla voidaan mahdollistaa kohdeverkon tilan seuranta. Kun verkon karttaa ylläpidetään tietokoneella, verkon suunnittelua voidaan tehostaa käyttämällä olemassa olevaa tietokantaa uuden pohjana ja yhdistää verkkotietojärjestelmä sähkölaitoksen automaatioon. Verkon kytkennät ja sen komponenttien tilat voidaan kätevästi esittää graafisesti, kuten myös ylipäättään koko verkon tila. On mahdollista myös saatavan informaation avulla arvioida verkon kuormitustrendejä kohdeverkon optimointiin sekä sen tulevaisuuden investointeihin. /10/

5 OHJAUSKAAPPI KESKIJÄNNITEVERKOSSA

5.1 Pääkäyttökohteet

Taajamien keskijänniteverkoissa on mukana paljon kojeistoja, RMU:ita ja muuntajia sen muuntamoilla. Nämä asemat hallitsevat kohdeverkkoa. RMU:t muuntamoilla voivat sijaita omissa rakennuksissa, kuten puistomuuntamoissa, tai jos ne ovat osana suurempaa kompleksia, omassa sähkökeskuksessa. Jotta kohdeverkon keskimääräisien häiriön kestojen (SAIDI) sekä intervallien (SAIFI) arvoja saataisiin pienennettyä, voidaan edellä mainituille asemille ottaa käyttöön ohjauskaappeja. Kaapit mahdollistavat muuntamoiden komponenttien reaaliaikaisen tilanvalvonnan, niiden kauko-ohjauksen, mittaukset, suojaukset parantamaan turvallisuutta sekä suojauksen selektiivisyyden /13/.



Kuva 3. Ohjauskaappi puistomuuntamossa. /12/

Keskijänniteverkko harvaanasutuilla alueilla koostuu yleensä avojohdoista, näissä verkoissa muuntajat sähköjakeluun löytyvät pylväiden päästä. Avojohtojen yhteydessä käytetään pylväserottimia tai katkaisijoita, mutta harvat niistä kuitenkaan ovat kauko-ohjattavia. Ohjauskaappien avulla näille komponenteille saadaan tilanvalvonta, mittaukset sekä kauko-ohjaus käyttöön /14/.



Kuva 4. Pylväskiinnitteinen ohjauskaappi yhdistetty avojohdojen katkaisijaan. /11/

5.2 Toiminta

Eri verkoissa on erilaiset vaatimukset automatisaatiolle, riippuen kohdeverkon jakelun kriittisyydestä. ABB:n tarjoamat ohjauskaapit on ryhmitelty eri tasoille niiden kyvykkyyden mukaan. Nämä tasot ovat seuraavat:

- 1) Monitorointi
- 2) Hallinta vianeristykseen ja tehon palauttamiseen
- 3) Mittaukset tehon hallintaan
- 4) Suojaus turvallisuuden parantamiseen ja kyky tuoda selektiivistä suojausta pidemmälle verkkoon

Malli toimii siten, että alemman tason kyvyt löytyvät sitä ylempien tasoilta. Esimerkiksi, tason 2 monitorointi ja hallinta löytyvät myös tasolta 3. Useimmissa verkoissa kaikki neljän tason kyvyt ovat käytössä. Kaappiratkaisut on jaettu kaapeli-verkoille sisäkäyttöön, yleensä sähköasemille ja muuntamoihin (GAI), ja avojohdoille ulkokäyttöön, yleensä pylväserottimille sekä katkaisijoille (GAO). Nämä tasot yhdistämällä käyttötarkoitukseen saadaan kaappityyppi. Esimerkiksi puistomuuntamon kojeiston päälle asennettava ohjauskaappi suojausfunktioilla on tyyppiä GAI4 /13, 14/.



Kuva 5. ABB:n GAI-ohjauskaappiratkaisuja kaapeliverkkoihin. 01) GAI1 seinäasennuksella. 02) GAI3 seinäasennuksella. 03) GAI3 seinäasennuksella. 04) GAI4 RMU:n päälle asennettavaksi. /11/



Kuva 6. ABB:n GAO-ohjauskaappiratkaisuja avojohtoverkkoihin. Vasemmalta oikealle: GAO2, GAO3 ja GAO4. Kaikki kaapit ovat pylvääseen asennettavia. /11/

Ohjauskaapeissa on yleensä seuraavat perustoiminnot, tasosta ja käyttötarkoituksesta riippumatta:

- 110-250 VAC/VDC syöttöjännite
- Tason 2 ylijännitesuoja
- Vara-akusto varustettu latauksella ja valvonnalla
- 24 VDC-ohjauspiiri
- Ventiloitu kaappi, IP43 tai IP55 sisäkäyttöön ja IP55 ulkokäyttöön
- Lämmitin kondensaatiota vastaan
- Lisätarvikkeet seinä- tai tolppa-asennusta varten
- Pistokeliittimet kojeiden helppoon liittämiseen
- Rajapinta kommunikaatioon langattomassa verkossa

Asiakkaan pyynnöstä löytyy myös seuraavat valinnaiset toiminnot:

- Vianilmaisufunktiot (FPI)
- Painonapit paikallisohjaukseen
- Rajakytkin ovihälytykseen (Standardi GAOssa)
- Lisätarvikkeet kojeiston päälle tai laitaan asentamiseen
- Apukoskettimet johdonsuojakatkaisijoille
- Sulakkeella suojattu pistorasia
- 48 VDC-ohjauspiiri
- Huoltovalo
- Sulakkeella varustettu 12 VDC-syöttö lisäkommunikaatiolaitteille
- Eri antennivaihtoehtoja riippuen asiakkaan spesifikaatioista
- Tason 1+2 ylijännitesuoja
- Matalan apujännitteen indikaatio
- Matalajännitemittaukset (GAI)
- Kommunikaatio matala- ja keskijännitemittauksien laitteille (GAI)
- Rajapintayhteys ylimääräiselle moottoriohjauskaapeille (GAO)
- Erilaisia akunhallintavaihtoehtoja akun kunnonvalvontaan /11/

Tarkat eroavaisuudet kaappityyppien toimintoihin löytyy seuraavasta taulukosta:

Smart control cabinets for cable (GAI) and overhead-line (GAO) networks

Functions	GAI1	GAI2	GAI3	GAI4	GAO1	GAO2	GAO3	GAO4
Monitoring of binary inputs connected to primary device	*	*	*	*	*	*	*	*
Control of binary outputs connected to primary device		*	*	*		*	*	*
Accurate measurements			*	*			*	*
Advanced fault passage indication			*	*			*	*
Comprehensive and selective protection of the distribution network with the Relion® family of relays				*				*
Battery backup with electronic temperature-compensated battery charger	*				*			
Battery backup with electronic temperature-compensated battery charger or advanced battery management system		*	*	*		*	*	*
GPRS, 3G and LTE communication to SCADA	*	*	*	*	*	*	*	*
Compact enclosure with pre-wired plug-in connectors	*				*			
Different types of compact enclosures with pre-wired plug-in connectors		*	*	*		*	*	*
Optional motor operating device integrated in the control cabinet to control air-insulated, pole-mounted switches (ABB's NPS switches or similar)						o	o	o
Optional actuator control unit for recloser control								o
Possibility to expand cabinet to control several objects in a branching connection point						*	*	

* = standard feature, o = optional

Kuva 7. GA-ohjauskaappien funktiot tyypeittäin. /11/

5.3 Pääkomponentit

5.3.1 Suojareleet

REC615- ja RER615 -releet ovat keskijänniteverkon suojareleitä, jotka parantavat verkon luotettavuutta. Ne kykenevät kohdeverkon ohjaukseen ja monitorointiin, suojaukseen, vikaindikaatioon ja sähkönlaadun analysointiin. REC615 käy moneen erilaiseen jakeluverkkoon, johon voi kuulua hajautettua sähköntuotantoa tai jakeluverkkoon liittyviä laitteita, kuten keskijänniteverkon katkaisijoita tai erottimia. RER615 on taas tarkoitettu jälleenkytkentälaitteiden hallintaan keskijänniteverkoissa, joihin voi kuulua säteittäisiä tai rengasmaisia verkkoja, ilman hajautettua sähköntuotantoa tai sen kanssa. Molemmista releistä löytyy HMI paikalliskäyttöön, rajapinnat Ethernetille (RJ-45 ja LC) sekä sarjaliikenteelle (ST) ja suuri graafinen näyttö, jossa näkyy kiskokaavio, joka voidaan kustomoida PCM600-työkalulla. Releet tukevat monia protokollia, kuten IEC 61850-8-1, IEC 60870-5-101 & -104, Modbus ja tason 2 DNP3 /11, 15, 16/.



Kuva 8. REC615 ja RER615. /16/

5.3.2 I/O-laajennuslaite

RIO600 on suunniteltu digitalisten ja analogisten I/O-signaalien laajennukseen. Se sallii joustavan I/O:n määrittelyn ja takaa saumattoman IEC 61850 -yhteyden muuntamon tulo- ja lähtösignaaleiden ja releen tai COM600:n välillä. Vaihtoehtoinen kommunikaatiotapa on kommunikaatio ylemmän tason automaatiojärjestelmän kanssa käyttäen laajasti hyväksyttyä Modbus TCP -protokollaa. Yksikön Ethernet-portti tukee RJ-45:tä ja LC:tä. Erityyppiset laajennukset tuotesarjassa on jaettu eri moduuleihin, joista voidaan koota haluttu laajennuspakka. Minimivaatimus pakalla on virtalähde-, kommunikaatio- ja I/O-moduuli. Tarjolla olevat moduulit ovat:

- PSMH/PSML: Virtalähdemoduulit kahdelle eri jännitetasolle.
- LECM: Kommunikaatiomoduli Ethernet-portilla tai optisella Ethernet-portilla.
- DIM8H/DIM8L: Binääritulomodulit kahdelle eri jännitetasolle. Voidaan käyttää tilatietojen lähettämiseen suojarielelle tai ylemmän tason järjestelmään. Moduuleista löytyy kahdeksan binäärituloa.
- DOM4: Binäärilähtömoduuli. Voidaan käyttää järjestelmän laitteiston ohjaamiseen kommunikaatiosta saatujen signaalien avulla.

- RTD4: Vastuslämpötila-anturilla varustettu mittausmoduuli. Sisältää neljä optisesti eristettyä kanavaa, jotka tukevat RTD-sensoreita, kuten PT100, PT250, NI100, NI120 ja NI250. Kanavat tukevat myös 0 – 20 mA:n virta-signaalia.
- AOM4: Neljä eristettyä kanavaa, joista saadaan konfiguroitava 0 – 20 mA:n lähtösignaali.
- SIM8F/SIM4F: Sensoritulomoduulit. 8F -variantti tukee yhdistettyjä kolmivaiheisia virta- ja jännitesignaaleita, kun taas 4F -variantti tukee kolmivaiheista virtasignaalia. Nämä signaalit mahdollistavat myös FPI-toiminnon, joka pystyy havaitsemaan kaikenlaiset maasulut verkossa.
- SCM8H/SCM8L: Älykkään hallinnan moduulit. Moduuleilla pystytään ajamaan kojeistokäytön pääkytkimiä, kuten kolmiasentoisia tai standardin mukaisia kaksiasentoisia erottimia. Vaihtoehtoisesti, moduulien lähtökontakteilla pystytään ohjaamaan katkaisijoiden laukaisupiirejä. Moduuleista löytyy myös neljä lähtö- sekä tulokanavaa, mikä mahdollistaa niiden käytön laukaisupiirin valvontaan tai geneeriseen moduulikäyttöön /11, 17/.



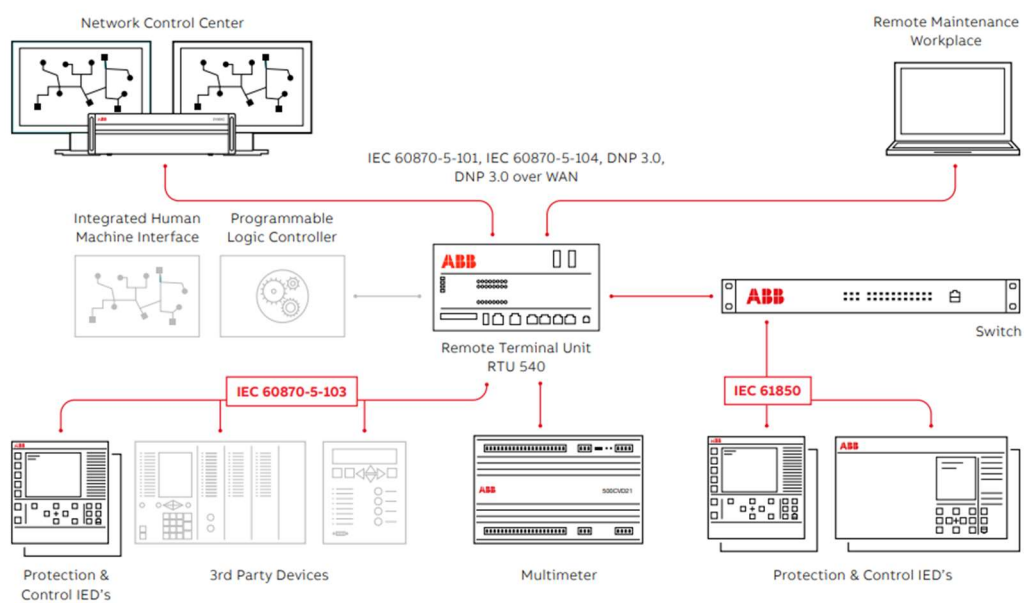
Kuva 9. RIO600-moduuleita. /17/

5.3.3 Yhdyskäytävälaitteet

RTU540 on yhdyskäytävälaite muuntamon IED:en ja verkon hallintajärjestelmän välille. Se kykenee myös muuntajan valvomiseen ja hallintaan sekä jännitteen hallintaan. Laite sopii hyvin esimerkiksi asemille, joissa on käytetty uusia ja vanhoja IED:itä sekaisin, sillä se kykenee tulkitsemaan kaikkia standardiprotokollia ja yhdistämään ne yhteen järjestelmään. Se sisältää myös edistyksellisiä toimintoja, kuten ohjelmoitava logiikkaohjaus, HMI helppoa verkon tilan valvontaa varten ja integroituja I/O:ita, jotka ovat 16 binäärituloa, 8 binäärilähtöä ja 8 analogiatuloa. Laitteesta löytyy Ethernet- ja sarjaporttirajapinnat, USB-porttikonfigurointia varten ja rajapinta I/O-laajennusmoduuleille /11, 18/.



Kuva 10. RTU540:n kaksi varianttia, 540CID01 ja 540CMD01. Jälkimmäiseen varianttiin integroidut I/O:t eivät kuulu mukaan. /18/



Kuva 11. Applikaatioesimerkki RTU540:stä. /19/

RTU540:n tapaan RTU520 kykenee toimimaan yhdyskäytävälaitteena muuntamon IED:en ja verkon hallintajärjestelmän välillä. RTU520-sarja kuitenkin eroaa kuitenkin siten, että se koostuu eri moduuleista RIO600:n tapaan. Moduuleista voidaan koota tarpeenmukainen I/O-laajennuspakka, joka voi sisältää analogia- ja binäärituloja sekä -lähtöjä. Laajennuspakka voidaan haluttaessa kytkeä RTU540:een, jolloin RTU540 on yhdyskäytävälaite ja pakka toimii pelkkänä I/O laajennuksena /11, 20/.



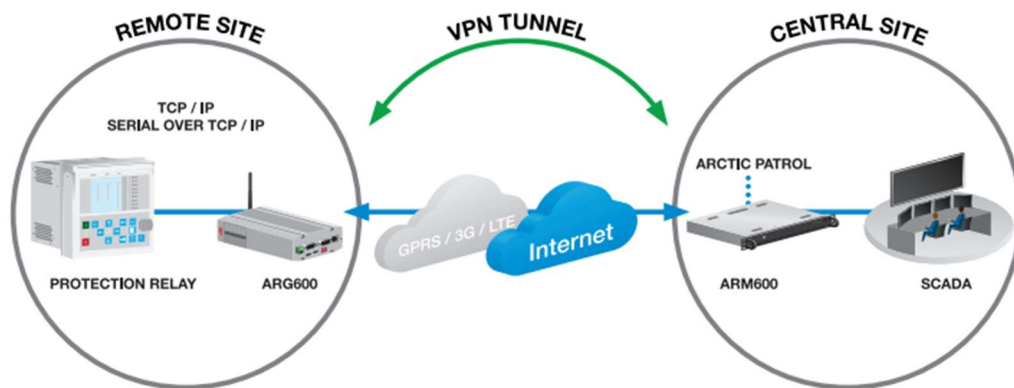
Kuva 12. RTU520-laajennusmoduuleita. /20/

ARG600 on langaton yhdyskäytävälaite, jonka avulla kenttälaitteita, kuten suojareleitä, voidaan valvoa ja ohjata valvomosta käsin matkapuhelinverkon avulla.



Kuva 13. ARG600. /21/

Kuten ARC600, ARG600 on tyypillisesti yhteydessä valvomon VPN-keskittimeen VPN-tunnelin kautta käyttäen matkapuhelinverkkoyhteyksiä. Ethernet- ja sarjalii-kennelaitteet voidaan yhdistää TCP/IP perustuvaan ohjausjärjestelmään ARG600:aa käyttämällä. Kommunikaatiojärjestelmän kenttälaitteet liitetään valvottavaan kojeistoon kiinteällä johdotuksella /11, 21/.



Kuva 14. ARG600 kenttälaitteen ja valvomon välisessä kommunikaatiojärjestelmässä. /21/

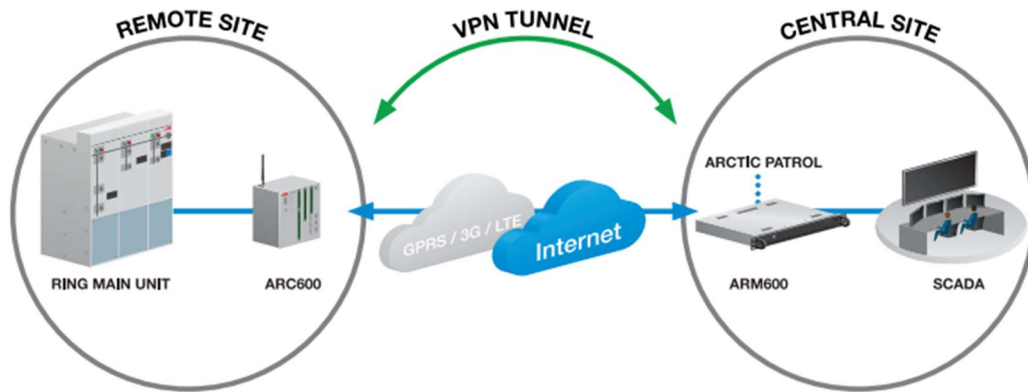
5.3.4 Langaton ohjauslaite

ARC600 on langaton ja kompakti ohjauslaite jakeluverkkojen muuntamoiden, linjaerottimien, kuormaerottimien ja RMU:n etävalvontaan sekä ohjaukseen. Ohjauslaite sallii valvonta- ja ohjausjärjestelmien, kuten SCADAn, yhdistää kenttälaitteisiin langattomasti matkapuhelinverkon avulla. Se pystyy valvomaan kolmea kojetta sekä kolmea maadoituskytkintä sen sisäisillä tuloilla ja lähdöillä, mutta sen kyvykkyyttä pystytään myös laajentamaan ulkoisilla I/O-laajennuskorteilla, kuten RIO600:lla, jonka kanssa se kommunikoi käyttäen Modbus TCP -protokollaa. Tarkalleen ohjauslaitteesta löytyy 17 binäärituloa, 10 binäärilähtöä ja 2 analogiatuloa. Laitteesta löytyy lisäksi älykäs akkujen lataustoiminto, johon sisältyy lämpötilakompensoitu lataus. Siitä löytyy myös akun valvonta ja testaus sekä syväpurkaus-suojaus. Sisäinen lämmityksenohjaus estää ohjauskaapin kondensaatiota.



Kuva 15. ARC600 -ohjauslaite. /22/

Kuvassa 16 on kuvaus ARC600:ta RMU-valvomo kommunikaatiojärjestelmässä. Se vastaanottaa tietoa kojeilta kiinteän johdotuksen kautta ja kykenee kommunikoi-
maan valvomon VPN-keskittimen kanssa VPN-tunnelin kautta käyttäen kaksisuun-
taisia matkapuhelinverkkoyhteyksiä (GPRS, 3G ja LTE). Valvomon VPN-keskitin,
ARM600, siirtää kentältä saadut tiedot SCADAan /11, 22/.



Kuva 16. ARC600 RMU:n ja valvomon välisessä kommunikaatiojärjestelmässä.
/22/

6 SUUNNITTELUTYÖN TEHOSTAMISPROJEKTI

Eräällä yrityksen asiakkaalla on tarve GAI4-tyyppisille ohjauskaapeille muuntamoiden keskijännitekojeistoille. Kyseisen mallin ohjauskaappeja on toimitettu tälle asiakkaalle jo jonkin aikaa. Suunnittelutyö alkaa, kun asiakas jättää tilauksen uudelle ohjauskaapille, jonka yhteydessä saadaan kaapin spesifikaatiot. Nämä sisältävät muuntamon kojeiston lähtötyypit ja -määrät sekä mahdolliset lisätoiminnot. Jokainen ohjauskaappi on räätälöity yhtä tiettyä kojeistokonfiguraatiota varten, joten uuden konfiguraation tilauksen yhteydessä täytyy suunnittelu tehdä uudestaan joko perustuen vanhaan malliin, tai aloittaa täysin alusta. Vaikka muutos uudessa konfiguraatiossa olisi pieni, kuten muutos yhden lähdön kojetyyppiin, täytyy uusi ohjauskaappimalli suunnitella. Uuden sähkösuunnitelman lisäksi täytyy uusille kaappityypeille myös ajaa uudet osaluettelot, koje-, johdin- ja riviliitinmerkit sekä kuitaukset toiminnanohjausjärjestelmään. Lisäksi tämä suunnittelutapa luo suuren määrän ohjauskaappien lajimerkkejä, joiden ylläpito vaatii suuren määrän resursseja.

Suunnittelutyön monimutkaisuutta voidaan vähentää suunnittelemalla valmiita moduuleita perustuen asiakkaan entisiin tilauksiin. Nämä moduulit ovat tallennettuja sähkösuunnitelman osia ja niitä voidaan tuoda ohjelmaan tässä työssä tehdyille standardipohjalle, lyhentäen kokonaisläpimenoaika. Toinen keino vähentää läpimenoaika on standardoida tiettyjä kaappityyppejä. Ennen asiakas on määrittänyt tarkat spesifikaatiot, joita sähkösuunnittelijat ovat seuranneet. Vaikka tämä antaa asiakkaalle mahdollisuuden määrittää kaapin toiminnallisuuden hyvin tarkasti, lisää se työkuormaa suunnitteluosastolle. Kyseisille ohjauskaapeille on varattu jo noin 200 yksilöllistä lajimerkkiä. Asiakkaan ja ABB:n kojeistotehtaan yhteistyön avulla voidaan tulevaisuuden muuntamoita varten määrittää vain noin 15 erilaista kojeistokonfiguraatiota, mikä tarkoittaa yhtä monta ohjauskaappiratkaisua. Tällöin uutta suunnittelua ei enää useimmiten tarvita. Mahdollisuus että asiakas tilaa ei-standardikaappeja kuitenkin on olemassa, mutta tällaisten tilausten suunnittelua voidaan tehostaa piirustusohjelman moduuleilla. Moduuleita voidaan hyödyntää myös standardikaappeja suunniteltaessa.

6.1 EPLAN-ohjelmisto

EPLAN on osa Friedhelm Loh Groupia, joka perustettiin vuonna 1984. Se toimii yli 50 maassa ja työllistää noin tuhat henkilöä maailmanlaajuisesti. EPLANilla on tietokantapohjaisia suunnitteluohjelmistoja moneen eri tarpeeseen, kuten mekatroniikka-, sähkö-, ohjauskeskus-, kojeisto- ja hydraulikkasuunnitteluun. Siltä löytyy myös ohjelmistoja suunnitteluprosessin tehostamiseen. Rajapinnat ohjelmiston ja toiminnanohjaus- ja tuotetiedon hallintajärjestelmien välillä onnistuu myös. Näitä ohjelmistoja se tarjoaa monen eri teollisuuden alalle, esimerkiksi ajoneuvo- ja elintarviketeollisuuteen, sähkövoimatekniikkaan sekä veden- ja jätevedenkäsittelyyn.

Grid Automation tekee suurimman osan sähkösuunnittelustaan EPLAN Electric P8 -ohjelmalla. Eräitä keskeisiä toimintoja ohjelmassa on piirikaavioon perustuvien tuotantoraporttien generointi, laitetunnusten määrittäminen automaattisesti, automaattiset viitteet piirikaavioihin, automaattiset kytkennät piirikaavioissa ja integroitu tietokanta, jossa on usean eri valmistajan tuotteita. Tärkein suoritettun työn kannalta on kuitenkin kyky luoda ohjelmaan valmiita makroja ja tuoda ne sähköpiirustuksiin.

6.2 Modularisointi makrojen avulla

Makrot ovat tiedostoja, jotka sisältävät tiettyjä sähkösuunnitelman osia. Niitä pystytään tuomaan EPLAN-projekteihin haluttuihin kohtiin. Riippuen makron tyy-
pistä, se voi sisältää erilaisia kokonaisuuksia. Työssä käytettiin kahden tyyppisiä makroja; window- ja page-makroja.

Window-makrot ovat tallennettuja grafiikoita, joita projektin sivuille voi liittää. Tämän työn makrot ovat yksittäisiä signaaleja tai signaalipakkoja I/O-laajennusmoduulien täydennystä varten tai grafiikoita kokoonpanokuvaan ja otsikkosivulle.

Kun window-makrot luotiin, niille oli määritetty ennalta piirretyt grafiikat, kuten edellä mainitut signaalipakat. Makron osat, jotka haluttiin muuttuvan sitä tuodessa kuvaan, kuten signaalien kenttätunnukset, määrättiin sen jälkeen EPLANin placeholder-objektien alle. Tämä mahdollistaa makrojen arvojen nopean muokkaamisen, kun niitä kuvaan myöhemmin kutsutaan. Kuvassa 17 on esimerkki erään signaalipakan muuttuvista objekteista. Property-sarakkeella on objektin nimi, Current value -sarakkeella on tällä hetkellä näkyvä arvo ja Variable-sarakkeella on arvo, joka määrää objektin näkyvän arvon. Tämä arvo voidaan muuttaa seuraavalla välilehdellä.

Properties (components): Placeholder object

Placeholder object | Display | Symbol data

Name:

Description:

Assignment | Values

Row	Property	Current value	Variable
1	Page		
2	Interruption point ...		
3	Name (visible)	K01_L/R	<L/R>
4	Path function text		
5	K01		
6	Text contents	K01	<Number>
7	K01		
8	Text contents	K01	<Number>
9	K01		
10	Text contents	K01	<Number>
11	K01		
12	Text contents	K01	<Number>
13	K01		
14	Text contents	K01	<Number>
15	Structure box = M...		
16	Name (visible)	=MV+K01	<Bay>

Kuva 17. Erään signaalipakan placeholder-objektin sisältö.

Values-välilehdellä määrätään eri arvojoukkoja. Kuvassa 18 arvojoukot sisältävät kenttätunnuksen, sähköposition ja erään signaalin tunnuksen. Kun makro tuodaan kuvaan, voidaan yksi näistä arvojoukoista valita, jolloin sen alla olevat arvot tulevat esille grafiikkaan. Placeholder-objektit kykenevät muuttamaan vain makron arvoja, ei grafiikoiden ulkonäköä. Näitä arvoja ovat esimerkiksi tekstien formatointiin liittyvät ominaisuudet, kuten niiden sisältö, fontti, näkyvyys, yms.

Properties (components): Placeholder object

Placeholder object | Display | Symbol data

Name: Panel number

Description:

Assignment | Values

Variable	K01	K02	K03	K04
Number	K01	K02	K03	K04
Bay	=MV+K01	=MV+K02	=MV+K03	=MV+K04
L/R	K01_L/R	K02_L/R	K03_L/R	K04_L/R

Kuva 18. Placeholder-objektille määritellyt arvojoukot.

Muista window-makroista on tehty eri variantteja. Nämä ovat makroja, joissa grafiikoiden tulee olla eri näköisiä, kuten otsikkosivun kiskokaavion kentät ja kokoonpanokuvan laitteiden grafiikat. Tämä EPLANin toiminto pitää erilaiset grafiikat yhdessä tiedostossa ja antaa käyttäjän päättää, minkä variantin hän kuvaan tuo. Tuodessaan jonkun näistä varianteista kuvaan, hän pystyy määrittämään sille lisäksi arvojoukon, mikäli placeholder-objekteja on käytetty.

File name	Date	File type	Size
Panel - C.ema	13.12.2019 11.50	EMA File	371 KB
Panel - V.ema	13.12.2019 11.53	EMA File	191 KB
REF615 Measurements.ema	20.1.2020 16.18	EMA File	1 128 KB
REF615 Output feed.ema	25.2.2020 13.02	EMA File	109 KB
REF615_IRF.ema	21.1.2020 14.01	EMA File	91 KB
RFF615 Power supply.ema	14.2.2020 14.48	FMA File	75 KB

File name: Panel - C.ema

Files of type: Window macro, symbol macro (*.ema;*.ems)

Represent. type: Multi-line

Variant: Variant A

Path: Variant A

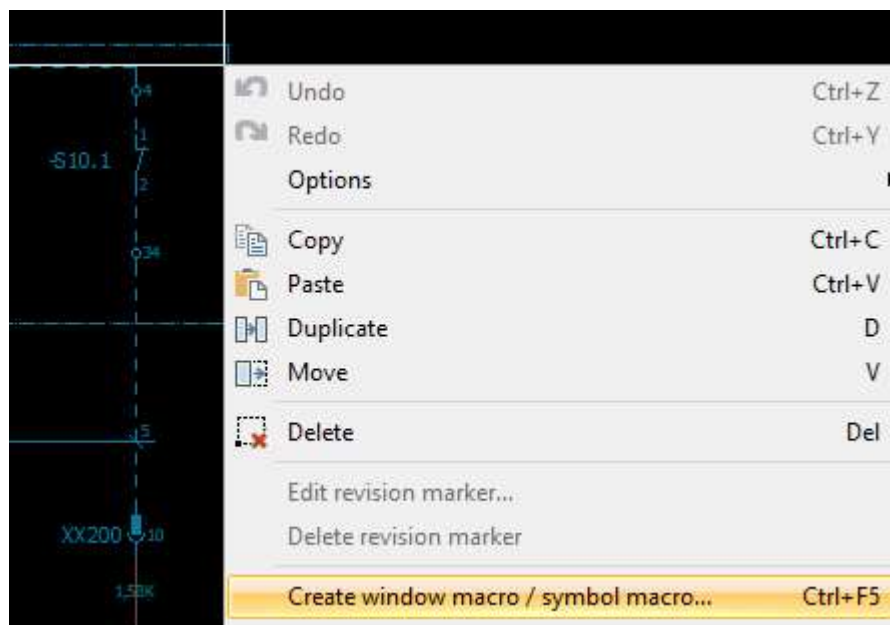
U520 24VDC -

Open Cancel

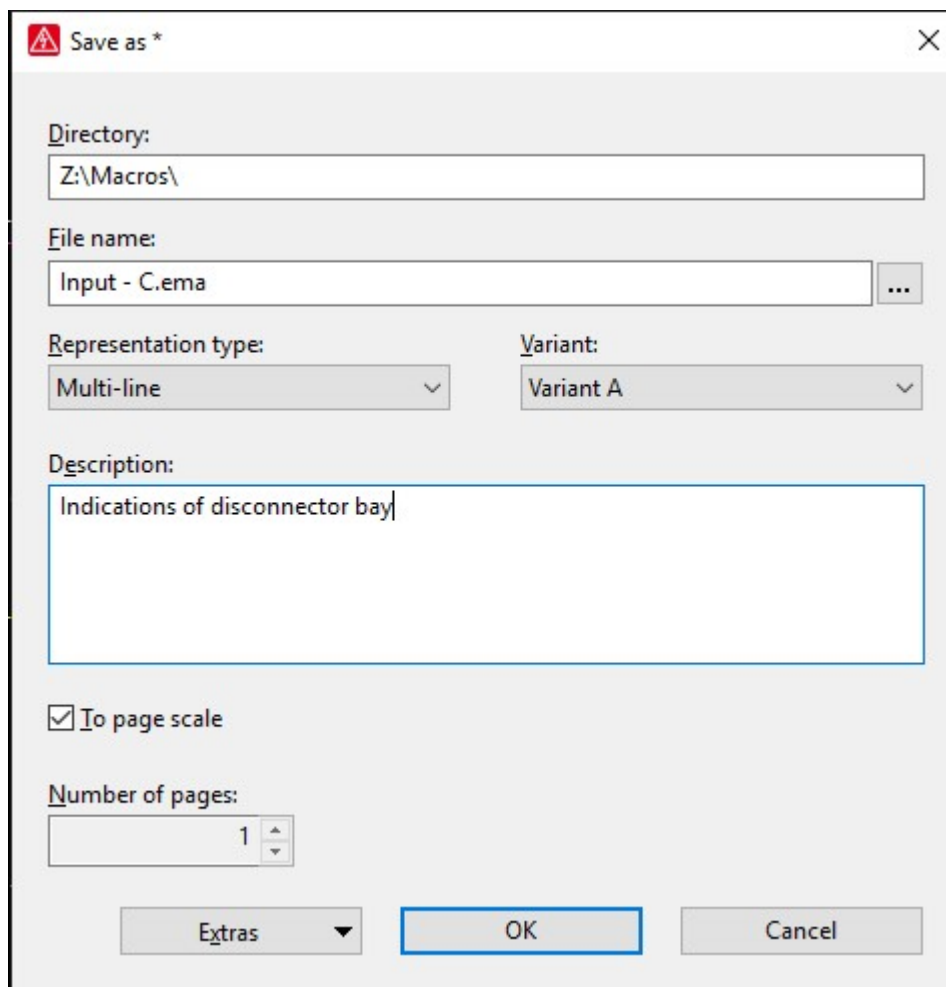
2.8.12535
Macro test 2
C - Disconnecter with motor

Kuva 19. Window-makron varianttiluettelo. Varianttia muuttamalla saadaan tuotua eri grafiikka.

Window-makrot voidaan tallentaa yksinkertaisesti valitsemalla kaikki siihen liittyvät grafiikat sekä placeholder-objektit ja käyttämällä komentoa ”Create window macro / symbol macro”.



Kuva 20. Komento window-makron luomiselle.



Save as *

Directory:
Z:\Macros\

File name:
Input - C.ema ...

Representation type:
Multi-line

Variant:
Variant A

Description:
Indications of disconnect bay

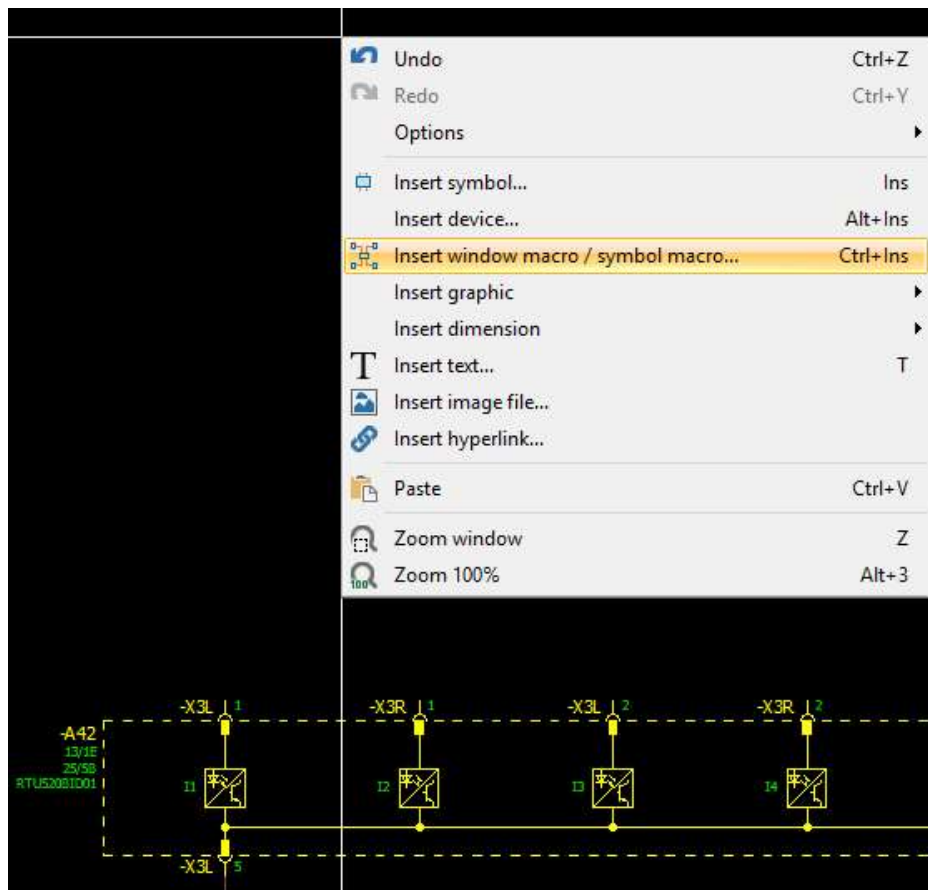
☒ To page scale

Number of pages:
1

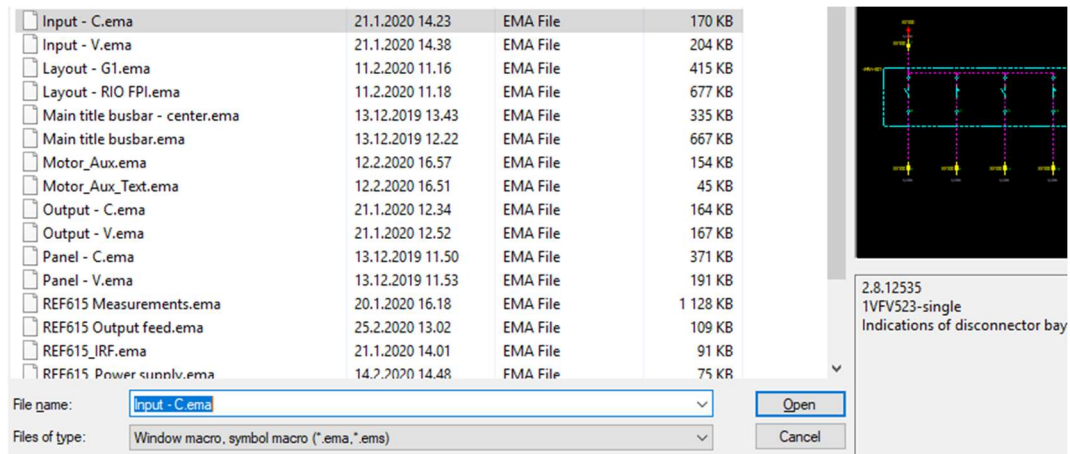
Extras OK Cancel

Kuva 21. Window-makron tallentaminen. Tässä dialogissa voidaan määrittää tallennetun makron variantti.


Window-makrot voidaan tuoda piirustukseen käyttämällä komentoa ”Insert window macro / symbol macro”.



Kuva 22. Komento window-makron tuomiselle kuvaan.



Kuva 23. Valikko tallennetuista window-makroista.

 Select value set - Panel number


Filter:

Value set:

K01

Row	Variable	K01
1	Bay	=MV+K01
2	L/R	K01_L/R
3	Number	K01

Kuva 24. Window-makroa tuodessa aukeaa arvojoukkodialogi, mikäli makro sisältää placeholder-objektin, jolle on määritelty arvojoukkoja.

 Select value set - Panel number

Filter:

Value set:

K01

K01

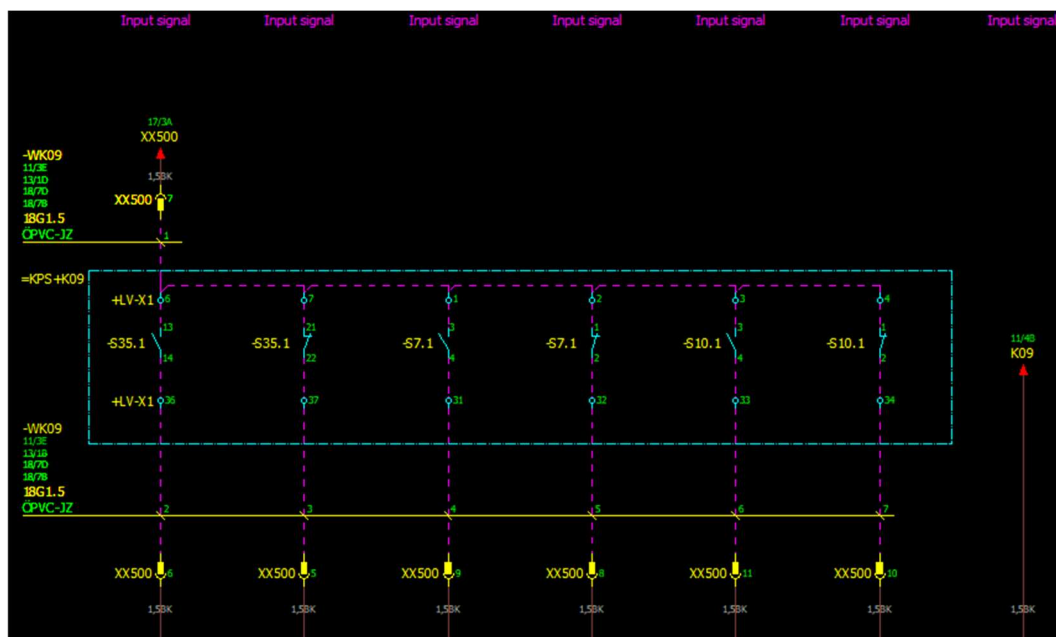
K02

K03

K04

3	Number	K01
---	--------	-----

Kuva 25. Arvojoukon voi valita alavetovalikosta. Ominaisuuksien arvot muuttuvat valitun arvojoukon mukaan.

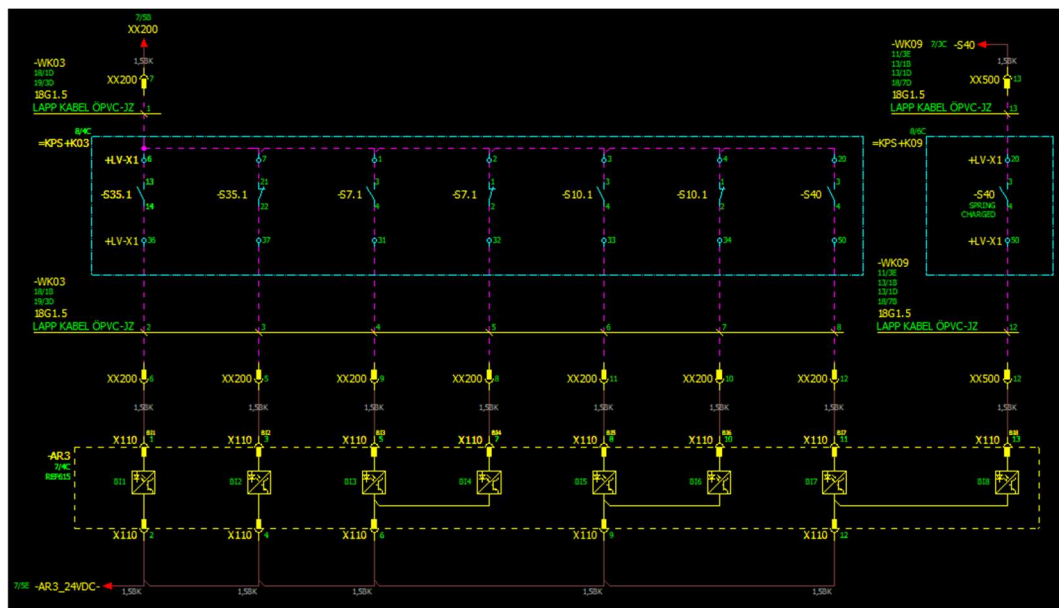


Kuva 26. Esimerkki valmiista window-makrosta. Kyseiseen esimerkkiin on joitakin arvoja muutettu projektin salassapidon vuoksi.

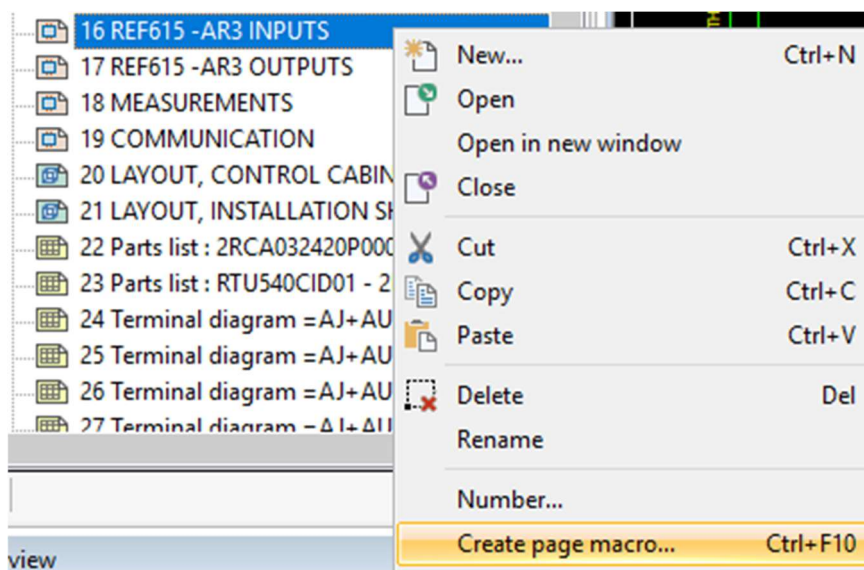
Page-makrot ovat valmiiksi tehtyjä sivuja, jotka sisältävät kaikki niille tallennetut grafiikat. Tämän työn page-makrot sisältävät suojareleiden ja I/O-laajennusmoduulien tulo- sekä lähtösivut. Suojareleiden makrosivuille on valmiiksi merkitty siihen kuuluvat signaalit, joten uuden releen kytkentäsivun tuominen projektiin on nopeaa makrojen avulla. I/O-laajennusmoduulien makrot sisältävät kyseisen laitteen vapaat tulot tai lähdöt, eli käyttäjän täytyy itse määritellä sille kytketyt signaalit. Tämä käy kätevästi window-makroilla.

Page-makroista ei voi tehdä eri variantteja kuten window-makroista. Ne ovat kokonaisuutena erillisiä tiedostoja, joissa on muutoksia toisiinsa verrattuna sivun grafiikoissa tai objektien ominaisuuksissa.

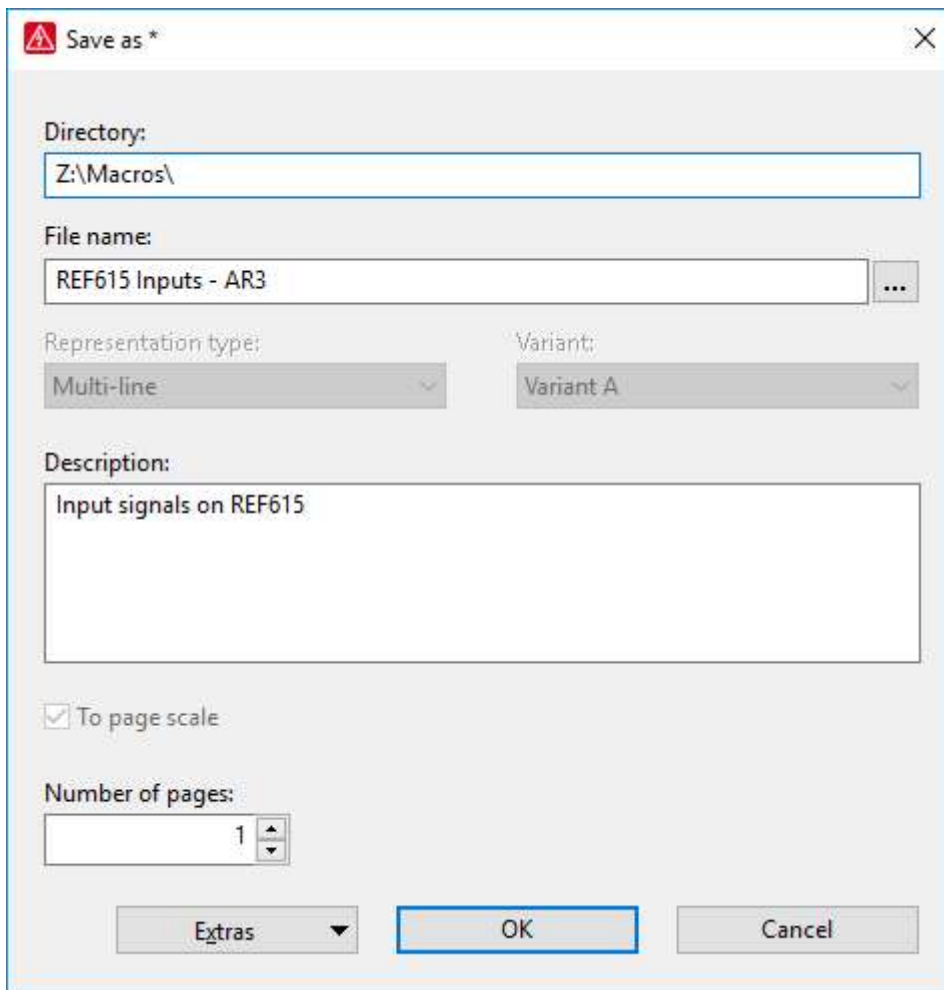
Ennen page-makron luomista sille tehtiin valmis sivu, kuten kuvan 27 suojareleen tulosivu. Kaikki sivulle tallennetut grafiikat ja placeholder-objektit tallentuvat myös page-makrotiedostoon.



Kuva 27. Esimerkki valmiista page-makrosta. Kyseiseen esimerkkiin on joitakin arvoja muutettu tai jätetty pois projektin salassapidon vuoksi.



Kuva 28. Page-makron tallennuskomento.



Save as *

Directory:
Z:\Macros\

File name:
REF615 Inputs - AR3

Representation type:
Multi-line

Variant:
Variant A

Description:
Input signals on REF615

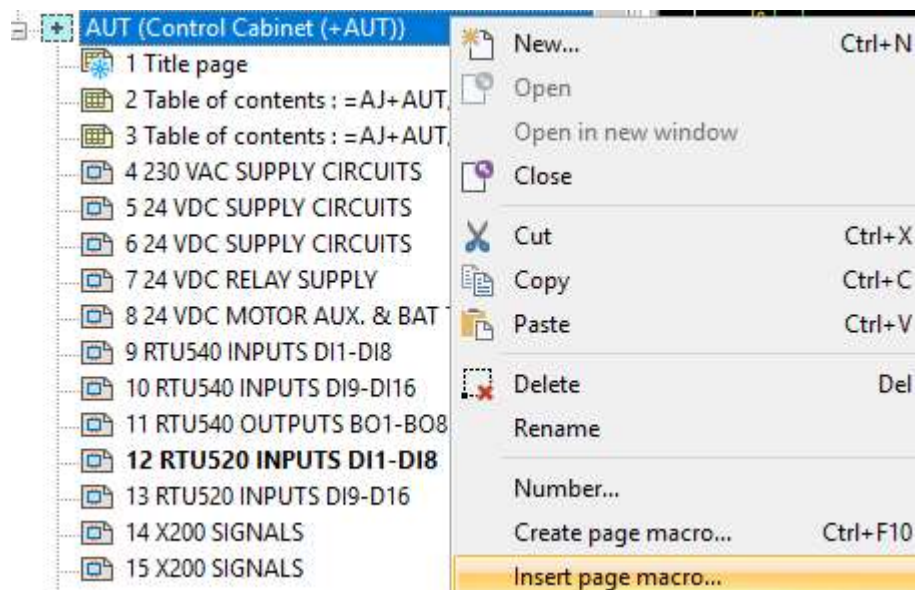
☒ To page scale

Number of pages:
1

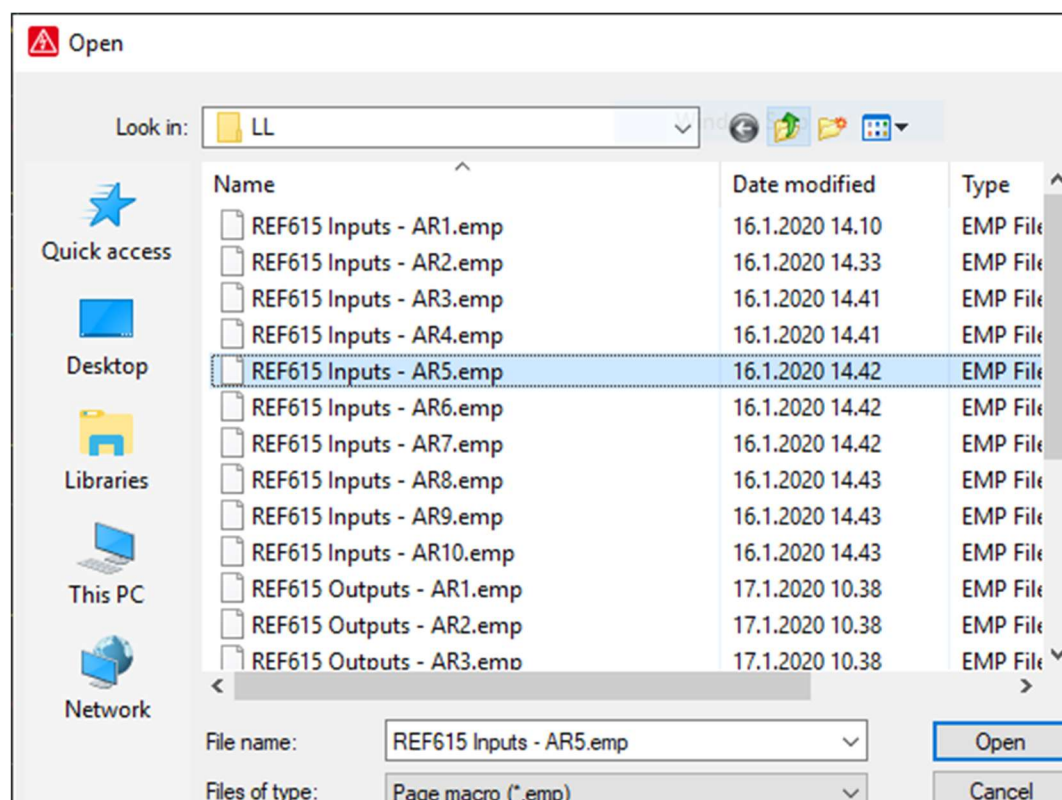
Extras OK Cancel

Kuva 29. Page-makron tallennusdialogi. Huomataan, että page-makroille ei voida määrätä variantteja.

Page-makrot voidaan tuoda projektiin valitsemalla haluttu taso ja käyttämällä komentoa "Insert page macro".



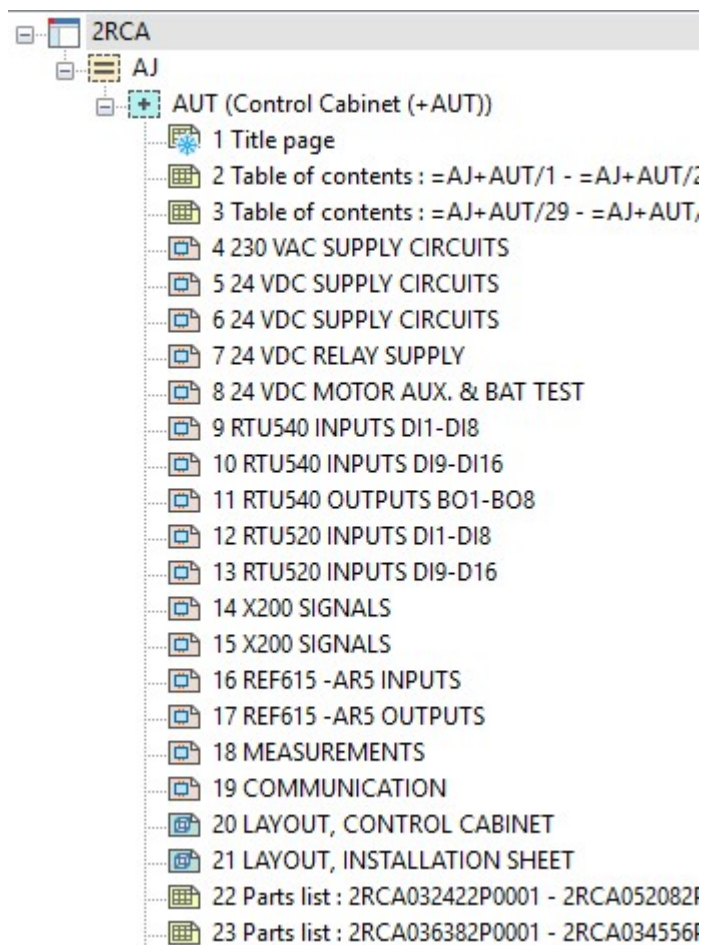
Kuva 30. Komento page-makron tuomiselle projektiin.



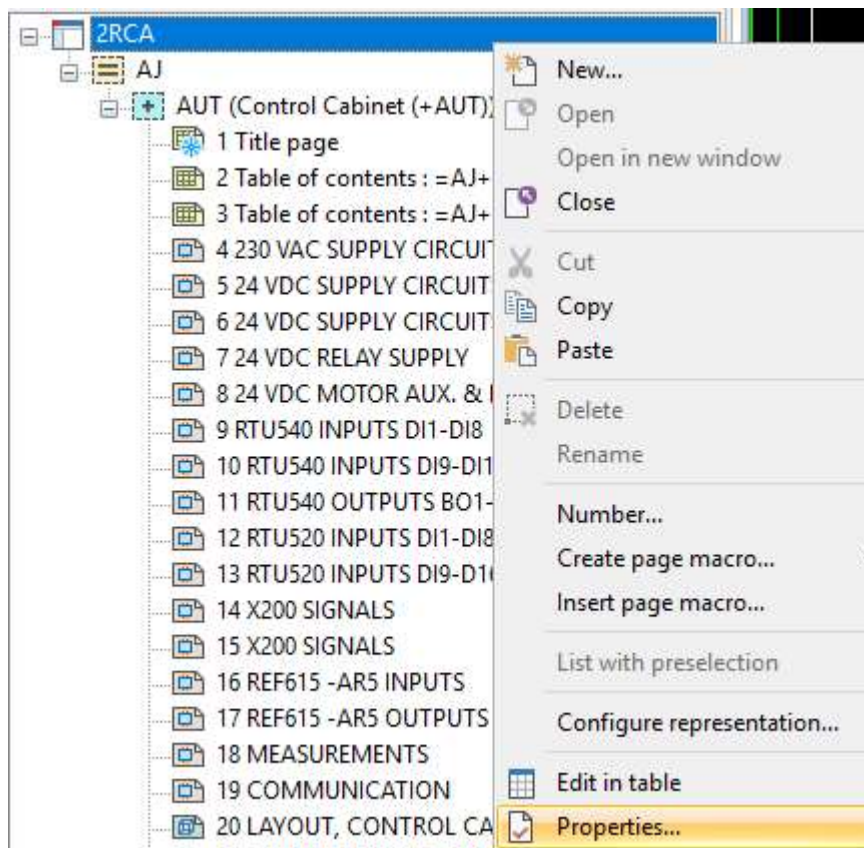
Kuva 31. Suojareleen lähtö- ja tulosivujen page-makrojen tiedostot.

6.3 Standardipohja

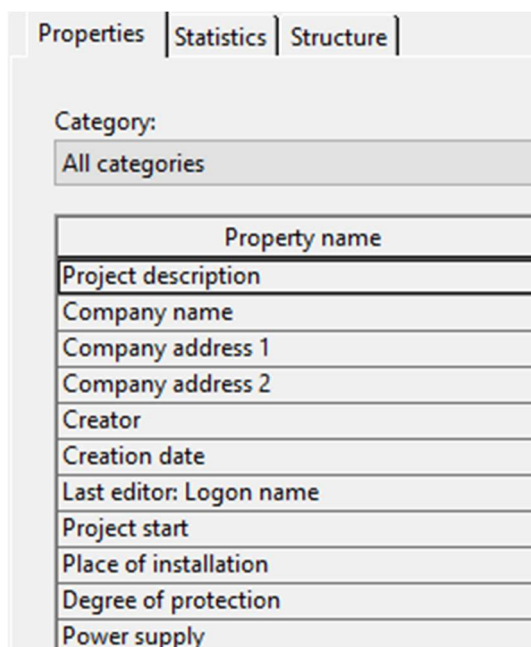
Standardipohja suunniteltiin siten, että sitä voidaan käyttää sähkösuunnitelman pohjana missä tahansa tulevaisuuden tilauksessa, joka kyseiseltä asiakkaalta tulee. Konkreettisesti pohja on EPLAN-projekti, joka kopioidaan aina uuden suunnittelutyön alkaessa. Se koostuu sivukokoelmasta, joka sisältää positiotasot, otsikkosivun, standardiraportit, kokoonpanokuvat sekä sivut piireistä ja laitteista, jotka ovat aina osana ohjauskaappia. Projektin tietoja, kuten otsikkotaulussa näkyviä tekstejä vaihdetaan projektin päätason ominaisuuksia muokkaamalla aina, kun uusi sähkösuunnitelma aloitetaan. Sivukokoelmaan voi lisätä aikaisemmin mainittuja page-makroja keskelle pohjaa, jos sähkösuunnitelma sitä vaatii.



Kuva 32. Standardipohjan sivuluettelo EPLAN-näkymässä.

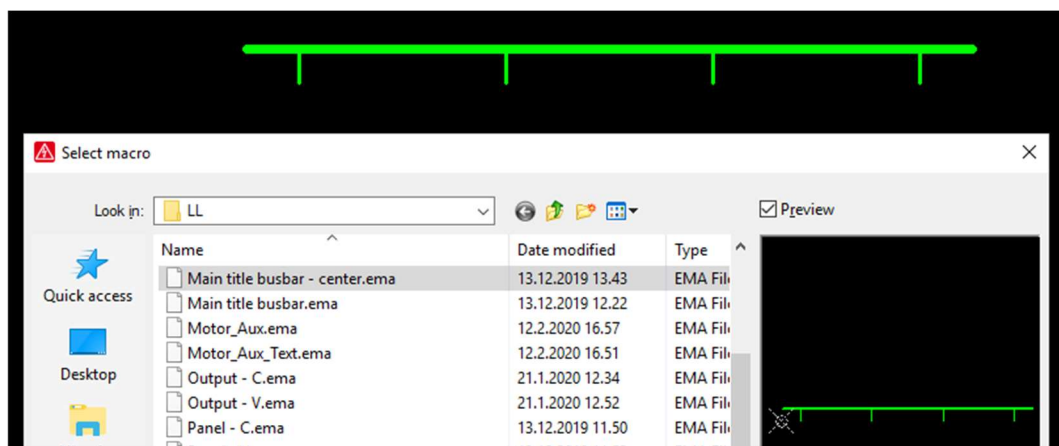


Kuva 33. Projektin ominaisuuksien muokkaamiskomento.

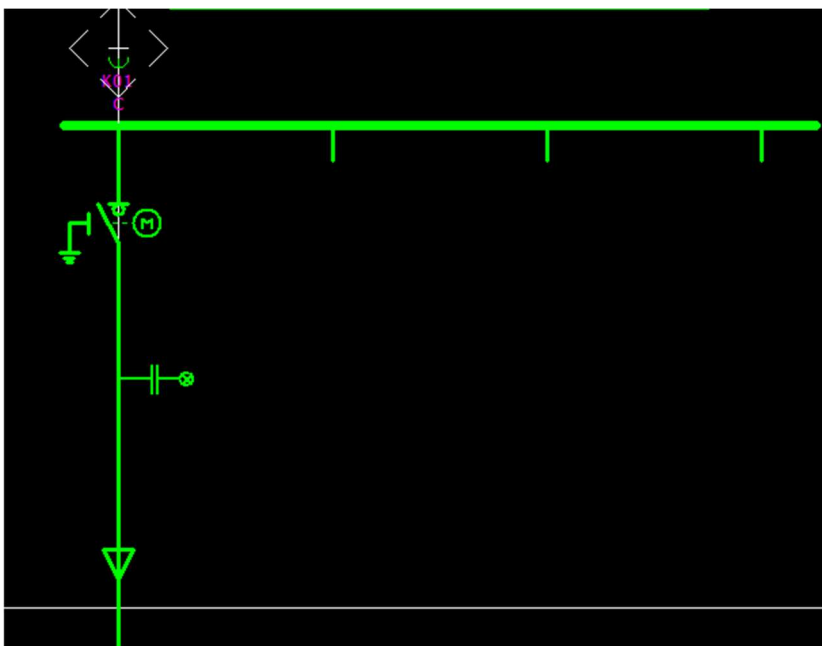


Kuva 34. Esimerkki eräistä projektin ominaisuuksista. Otsikkotauluun pystyy valitsemaan projektin näkyvät ominaisuudet.

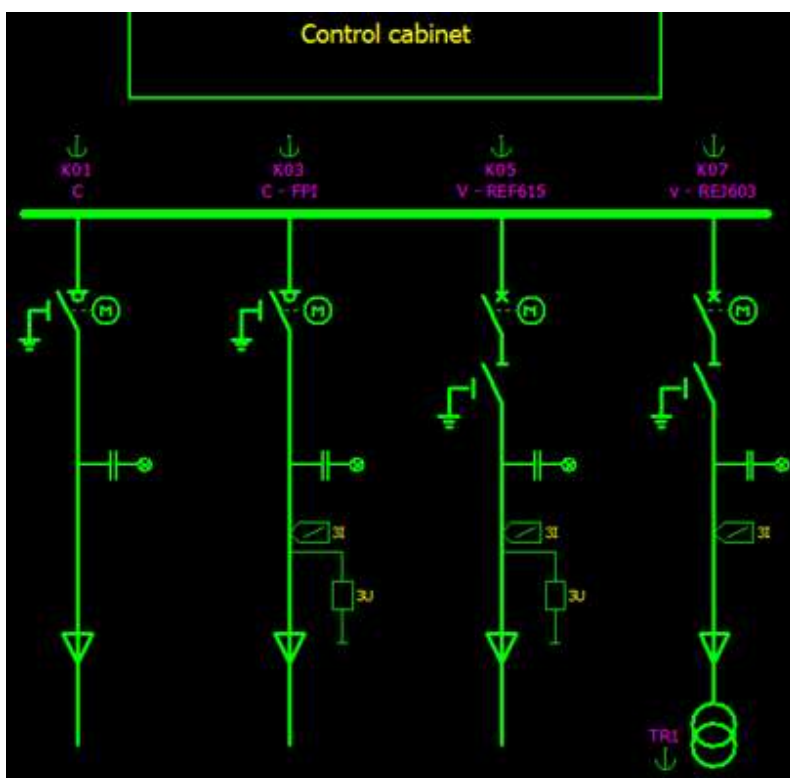
Otsikkosivulle tulee asiakkaan määräämä kojeistokonfiguraatio yksinkertaistetun kiskokaavion muodossa sekä ohjauskaapin lajimerkki. Standardipohjan kiskokaavio kootaan aiemmin mainituista window-makroista. Jokainen mahdollinen variantti kiskokaavion kentistä on tallennettu window-makroksi, joista kojeistokonfiguraatio voidaan koota. Kun EPLANissa luodaan window-makroja, tallentuu kyseisen makron positio sen tallennustiedostoon. Makro voidaan kohdistaa takaisin sen tallennuskoordinaatteihin palauttamalla ensin sen x-koordinaatti painamalla näppäintä x, sitten y-koordinaatti painamalla näppäintä y. Kaikki työn window-makrot ovat tallennettu koordinaatteihin, joihin niitä tullaan tarvitsemaan tulevaisuuden suunnittelutöissä.



Kuva 35. Kiskokaavion kisko tuodaan aluksi otsikkosivulle. Makrosta on eri varianteja erikokoisille kojeistokonfiguraatioille olemassa.



Kuva 36. Kiskokaavion kentät täytetään niitä varten tehdyillä window-makroilla. Makrot sisältävät placeholder-objektin, jolla kentät voidaan nimetä niiden mukaisesti.



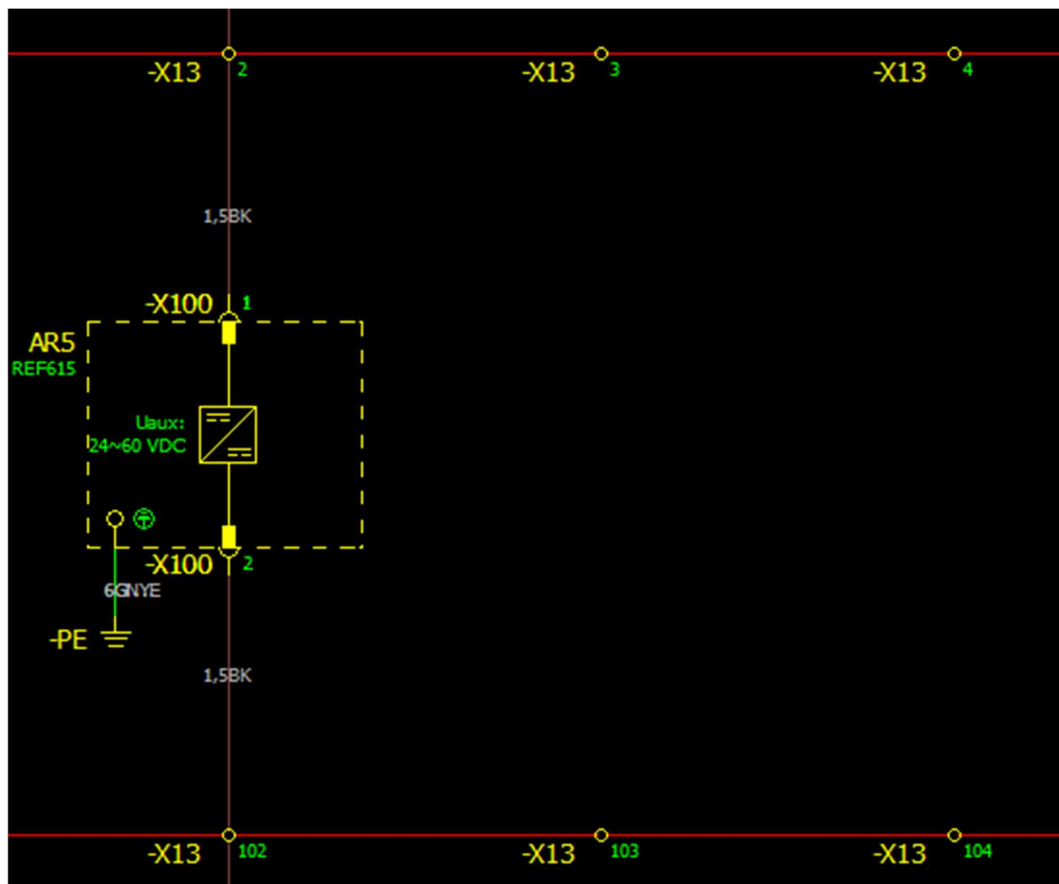
Kuva 37. Otsikkosivu sisältää laatikon kojeistokonfiguraation yläpuolella, jossa suunnittelija ilmoittaa sen lajimerkin. Kyseinen teksti on poistettu tästä kuvasta salassapidon vuoksi.

Sisällysluettelo on raportti, joka seuraa sivun ominaisuuksien numerointia, nimeä sekä sille määrättyä positiota. Kuten kaikissa raporteissa, EPLANissa, voi käyttäjä muokata siinä näkyviä arvoja. Sisällysluettelon tapauksessa näkyvät arvot voidaan valita sivujen ominaisuuksista. Raportti täytyy päivittää EPLANin ”Update”-komentilla, jotta muutokset tulevat siihen näkyviin.

Table of contents			
Higher-level function	Mounting location	Page	Page description
AJ	AUT	1	Title page
	AUT	2	Table of contents : =AJ+AUT/1 - =AJ+AUT/28
	AUT	3	Table of contents : =AJ+AUT/29 - =AJ+AUT/36
	AUT	4	230 VAC SUPPLY CIRCUITS
	AUT	5	24 VDC SUPPLY CIRCUITS
	AUT	6	24 VDC SUPPLY CIRCUITS
	AUT	7	24 VDC RELAY SUPPLY
	AUT	8	24 VDC MOTOR AUX. & BAT TEST
	AUT	9	RTU540 INPUTS DI1-DI8
	AUT	10	RTU540 INPUTS DI9-DI16
	AUT	11	RTU540 OUTPUTS BO1-BO8
	AUT	12	RTU520 INPUTS DI1-DI8
	AUT	13	RTU520 INPUTS DI9-DI16
	AUT	14	X200 SIGNALS
	AUT	15	X200 SIGNALS

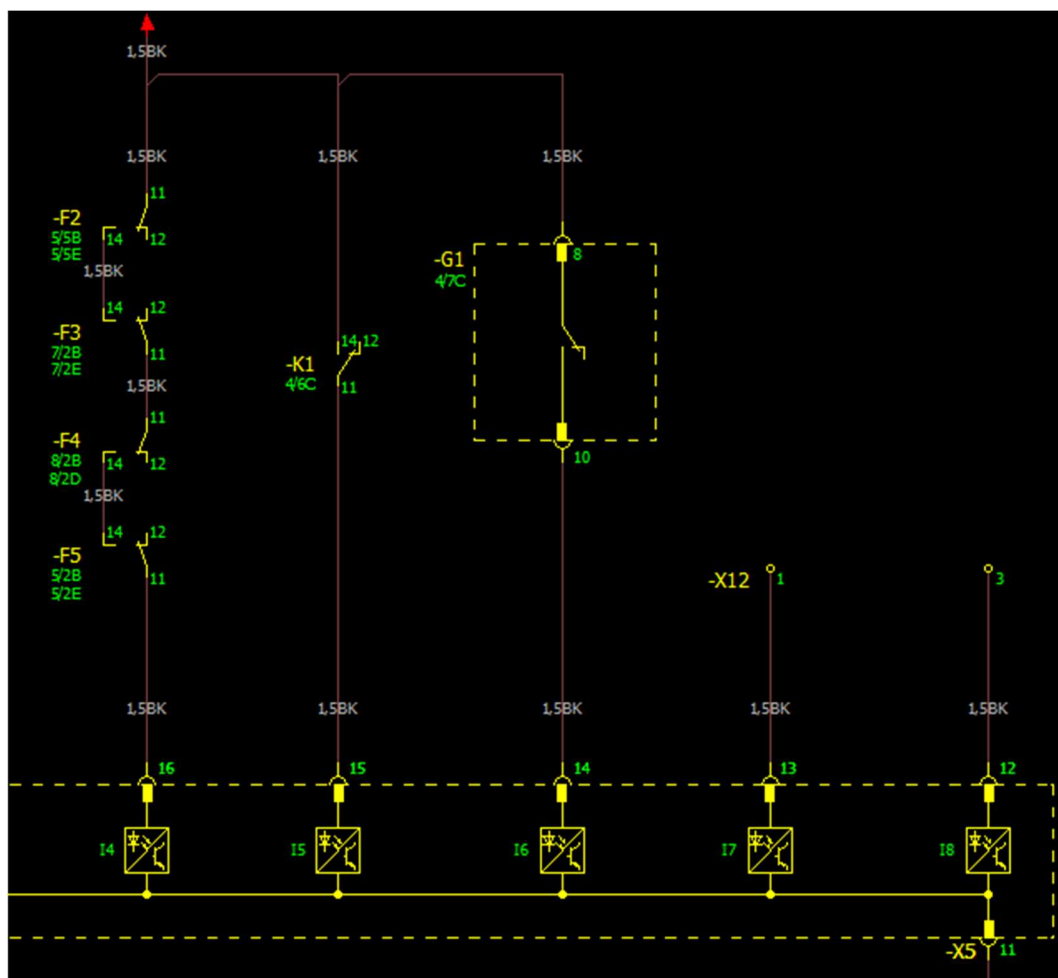
Kuva 38. Standardipohjan sisällysluettelo.

Standardipohjalle määritettiin vakiopiirit 230 VAC:n pääsyötölle ja 24 VDC:n syöttöpiireille asiakkaan tarpeiden mukaan, eli ne ovat täysin samat kaikkien ohjauskaappien tapauksissa. Ohjauskaapin laitteiden 24 VDC:n syöttöpiiriin lisättiin riviliitinpareja, joiden kaksi puolta olivat toisiinsa nähden 24 VDC:n potentiaalinen vastakkaisilla puolilla. Tämä lisäys oli standardipohjan vakiona pitämistä varten. Asiakkaan yhteistyön avulla pystyttiin arvioimaan, mikä tulisi olemaan maksimimäärä laitteita ohjauskaapin sisällä tulevaisuuden tilauksissa ja sitä mukaan 24 VDC:n lisäsyöttöjen määrä riviliitinparien muodossa. Samaa käytäntöä seurattiin riviliitimillä, jotka oli varattu lisäsignaaleja varten ohjauskaapin kompleksisuuden kasvaessa.



Kuva 39. Esimerkki ylimääräisistä 24VDC:n syötöistä. Vaikka kyseisiä syöttöjä ei käytetä, ovat ne silti osa standardipohjaa.

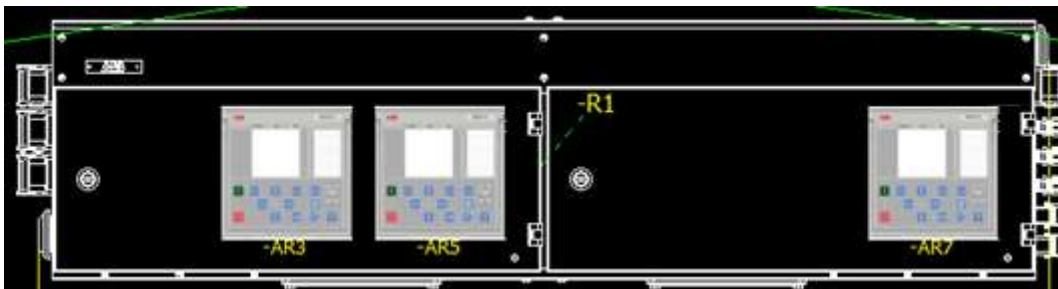
Standardipohjasta löytyy kaksi vakio I/O-laitetta. Jokaiseen asiakkaan ohjauskaappiin tulee RTU540-tyyppinen yhdyskäytävälaite valvonta- ja hallintajärjestelmään yhdistämistä varten. Koska siitä löytyy myös integroidut I/O:t, määritettiin juuri näille kaapin vakiosignaalit, kuten kohdeaseman hälytyssignaalit. Lisäksi jokaiseen kappiin tulee vähintään yksi RTU520-tulolaajennus. Asiakkaan pyynnöstä, vapaat tulot johdotettiin tyhjälle riviliitinrimalle, johon asiakas voi kytkeä omia signaaleita jälkikäteen oman tarpeensa mukaan. Kuten muidenkin riviliittimien tapauksissa, näitä löytyy jokaisesta ohjauskaapista sama määrä.



Kuva 40. Vakiosignaaleja ja tyhjiä tuloja RTU540:n tuloilla.

Standardipohjan mittaussivu on oletuksena tyhjä. Sitä mukaan, kun mittauksia ohjauskaappiin määrätään, lisätään ne mittaussivulle valmiilla window-makroilla. Mittaukset voivat olla joko suojareleen tai RIO600-laajennusmoduulin jännite- ja virtamittauksia. Näistä makroista on tehty eri variantteja eri kenttätunnuksia varten ja ne voidaan liittää oikeille paikoille palauttamalla ne niiden alkuperäisille koordinaateille käyttäen EPLANin kohdistusominaisuutta.

Standardipohja sisältää kaksi kokoonpanokuvaa. Yksi kaapin ulkopuolelta edestäpäin ja toinen sisältä sen asennuslevyn kokoonpanosta. Kaapin ulkokokoonpanokuvassa voi muuttua kaksi aspektia. Ensimmäinen on releiden määrä kaapin oveen, johon kaikki sen suojareleet kiinnitetään. Toinen on kaapin seinien pistokkeiden määrä, joka vaihtelee kojeiston kenttien mukaan. Asennuslevyllä voi vaihtua laitekonfiguraatio, joka riippuu kaapin tapauskohtaisesta spesifikaatiosta. Kaikki edellä mainitut muutokset ovat käyttäjälle valittavissa makrokokoelmassa erillisinä grafiikoina.



Kuva 43. Kokoonpanokuva kaapin ulkopuolelta.



Kuva 44. Asennuslevyn kokoonpanokuva. Näkyvät riviliittimet, johdonsuojakatkaisijat ja syöttöpiireihin kuuluvat laitteet ovat ohjauskaapeissa vakioita ja löytyvät näin standardipohjalta valmiina. Eräät laitteet on peitetty salassapidon vuoksi.

Ohjauskaappien osaluettelo seuraa sisällysluettelon raporttityyliä. Sen sijaan, että siihen tulee näkyviin projektin sivut, näkyy siinä projektissa käytetyt laitteet, niiden tunnuksot ja lajimerkit. Laitteiden muita ominaisuuksia voi tuoda esille myös tässä luettelossa. Kuten sivuluettelo, raportti täytyy päivittää, jotta muutokset tulevat näkyviin.

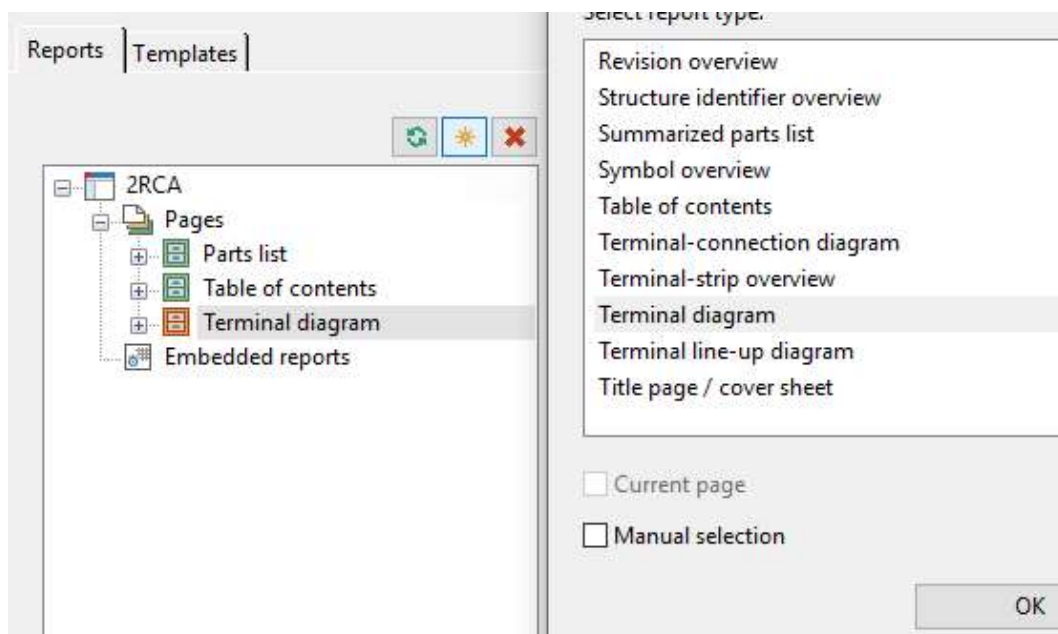
DT	Category	Description
-A20	Switch	Switch
-A30	Communication	Wireless gateway, ARG600
-A41	RTU	520ADD01 R0001 I/O adapter
-A42	RTU	520BID01 R0001 Binary Input Unit
-AR3	IED	Feeder protection relay, REF615

Kuva 45. Leike ohjauskaapin osaluettelosta.

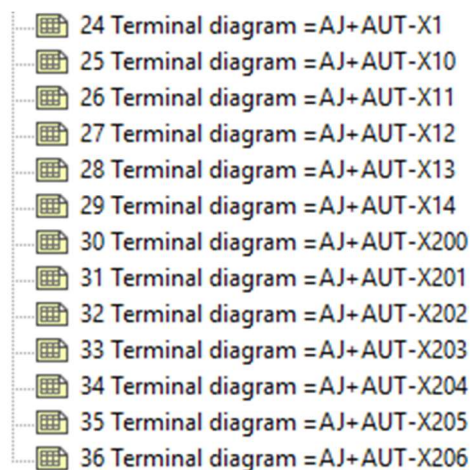
Piirikaavion valmistuttua voidaan sille ajaa riviliitinraportit. Nämä koostuvat sivukokoelmasta, jossa kullakin sivulla on kuvattu yksi riviliitinpakka. Sivulla kuvataan pakan riviliittimien navoille tulevaa johdotusta ja miltä laitteelta tai liittimeltä kyseinen johdotus tulee.



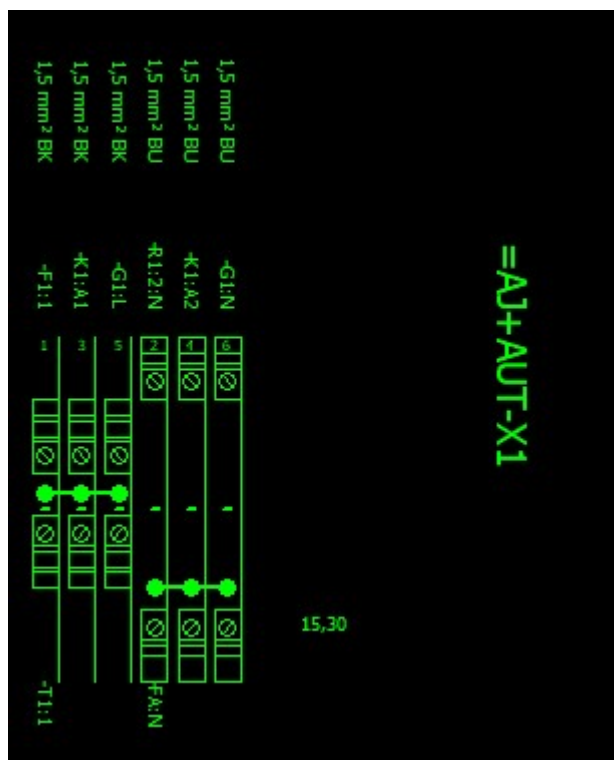
Kuva 46. EPLANin raportin ajamistoiminto.



Kuva 47. Valitaan mikä raporttityyppi projektin piirikaaviosta halutaan ajaa.



Kuva 48. Ohjelma luo automaattisen riviliitinraporttiluettelon piirikaaviosta perustuen käytettyyn raporttipohjaan.



Kuva 49. Esimerkki riviliitinriman X1 riviliitinraportista. Raportissa näkyy johdintyyppit, oikosulkuliittimet ja johtimien osoitteet.

7 YHTEENVETO

Tehostaminen onnistui suunnitelman mukaisesti; tavoite oli saada asiakkaan tulevaisuuden sähkösuunnitelmiin moduulit ja standardipohja, joiden avulla suunnittelua voidaan tehostaa ja tähän tavoitteeseen päästiin. Kyseisiä moduuleja ehdittiin myös testata käytännössä ja ne toimivat suunnitellusti.

Koska makrot ja standardipohja tehtiin asiakkaan yhteistyön avulla, muuttuivat ne hyvin usein projektin aikana. EPLAN-makrot sekä standardipohja täytyi päivittää ajan tasalle aina uuden muutoksen tullessa. Tämä ei kuitenkaan tarkoittanut muutosta jokaiseen olemassa olevaan makroon, kun muutospyyntö johonkin piirikavion osaan asiakkaalta saatiin. Toinen ongelma oli moduulien päteminen pääsääntöisesti vain työssä mainitun asiakkaan sähkösuunnitelmiin. Makrot ovat niin uniikkeja, että ne sopivat suurimmaksi osaksi vain tämän asiakkaan tilauksiin. Haasteellisinta raportoinnin kannalta oli projektin luottamuksellisuus. Makrojen ja standardipohjan sisältöihin ei voitu mennä kovin yksityiskohtaisesti, yrityksen salassapitovelvollisuuden vuoksi työn kuvauksissa pitäydyttiin yleistasolla.

Omalta kannalta aihe oli täysin uusi, joten joidenkin ominaisuuksien löytäminen EPLANin sisäisestä ohjeesta oli jokseenkin haastavaa. Kun projektissa menttiin kuitenkin pidemmälle, kaikki makroihin liittyvät toiminnot tulivat hyvin tutuiksi. Sähkötekniikan opinnoissa tietokantapohjaisia suunnitteluohjelmia ei ole käytetty, vaikka tämän tyyppiset ohjelmat vaikuttaisivat olevan yleisiä yritysmaailmassa, joten projektista opitut asiat ovat tulevaisuuden kannalta hyvin arvokkaita.

LÄHTEET

- /1/ Grid automation solutions – Protection and control products for power distribution | ABB. Viitattu 6.4.2020. <https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions>
- /2/ ABB Group – Wikipedia. Viitattu 6.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/ABB_Group
- /3/ ABB Suomessa. Viitattu 6.4.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /4/ Suomen ABB:n liikevaihto kasvoi, kotimaan myynti vahvaa. Viitattu 6.4.2020. <https://new.abb.com/news/fi/detail/20080/suomen-abbn-liikevaihto-kasvoi-kotimaan-myynti-vahvaa>
- /5/ ABB Oy, Distribution Solutions. Viitattu 3.4.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/distribution-solutions>
- /6/ Protection and control products for power distribution | ABB. Viitattu 3.4.2020. <https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation>
- /7/ Sähkönjakeluautomaatiotuotteet ja -ratkaisut | ABB. Viitattu 3.4.2020. <https://new.abb.com/medium-voltage/fi/sahkonjakeluautomaatio>
- /8/ Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. 3. painos, Unigrafia Oy, 2018. Gaudeamus / Otatieto, Helsinki.
- /9/ Sähköverkko tutuksi. Viitattu 16.4.2020. <https://www.elenia.fi/yri-tys/s%C3%A4hk%C3%B6verkko-tutuksi>
- /10/ ABB:n TTT-käsikirja, 2000-07. Viitattu 9.4.2020. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf

/11/ Smart control cabinets. Viitattu 16.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS759078&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/12/ Fault management for grid automation. Viitattu 16.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758910&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/13/ Indoor control cabinets – Grid automation solutions | ABB. Viitattu 16.4.2020. [https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions/smart-cabinet-solutions/indoor-control-cabinets-\(new\)](https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions/smart-cabinet-solutions/indoor-control-cabinets-(new))

/14/ Outdoor control cabinets – Grid automation solutions | ABB. Viitattu 16.4.2020. [https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions/smart-cabinet-solutions/outdoor-control-cabinets-\(new\)](https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions/smart-cabinet-solutions/outdoor-control-cabinets-(new))

/15/ Remote monitoring and control REC615 – Grid automation solutions | ABB. Viitattu 24.4.2020. <https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/grid-automation-solutions/products/remote-monitoring-and-control-rec615>

/16/ Grid automation relays REC615 and RER 615. Viitattu 24.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS757953&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/17/ Remote I/O RIO600 product guide. Viitattu 24.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS757487&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/18/ RTU540 product line. Viitattu 24.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1KGT%20150%20931&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/19/ RTU540 product line – RTU500 series | ABB. Viitattu 24.4.2020. <https://new.abb.com/substation-automation/products/remote-terminal-units/rtu540>

/20/ RTU520 product line – RTU500 series | ABB. Viitattu 24.4.2020. <https://new.abb.com/substation-automation/products/remote-terminal-units/rtu520>

/21/ Wireless gateway ARG600 Product Guide. Viitattu 24.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758462&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/22/ Wireless controller ARC600 Product Guide. Viitattu 24.4.2020. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758465&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>